

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Gesundheit

Institut
für Physiotherapie

Bachelorarbeit

Bremsen mit Herz

Effekt von exzentrischem Ausdauertraining bei Herzpatienten

Heer Iris, Morgenhölzlistrasse 42, 8912 Obfelden, S09171364

Wagner Barbara, Ächerlistrasse 52, 6064 Kerns, S09170432

Departement:	Gesundheit
Institut:	Institut für Physiotherapie
Studienjahrgang:	2009
Eingereicht am:	18. Mai 2012
Betreuende Lehrperson:	Schächtelin Sandra

Inhaltsverzeichnis

1 Abstract.....	6
1.1 Ziel.....	6
1.2 Methode.....	6
1.3 Relevante Ergebnisse.....	6
1.4 Schlussfolgerung	6
1.5 Keywords.....	6
2 Einleitung.....	7
2.1 Darstellung des Themas, Problemstellung und Abgrenzung	7
2.2 Fragestellungen	8
2.3 Zielsetzung	8
2.4 Anmerkungen	8
3 Methode	9
3.1 Recherche	9
3.2 Einschlusskriterien.....	9
3.3 Die Auswahl.....	10
3.4 Bewertung der Studien	11
3.5 Theoretischer Hintergrund	11
3.6 Schreibprozess	11
4 Koronare Herzkrankheit.....	12
4.1 Erkrankungen des Herzkreislaufsystems.....	12
4.2 Definition.....	12
4.2.1 Risikofaktoren.....	13
4.2.2 Folgen	13
5 Muskelphysiologie	14
5.1 Muskelaufbau	14
5.2 Vom elektrischen Signal zur Kontraktion	16
6 Kontraktionsformen des Muskels.....	17
6.1 Konzentrische Muskularbeit.....	18
6.2 Exzentrische Muskularbeit.....	18
6.2.1 Definition.....	18

6.2.2	Die exzentrische Bewegung	18
6.2.3	Metabolismus	19
6.2.4	Exzentrisch vs. Konzentrisch.....	20
6.2.5	Konsequenzen für das Training	21
7	Ausdauerleistung	21
7.1	Definition.....	21
7.2	Energiequellen.....	21
7.3	Aerobe und anaerobe Schwelle.....	22
7.4	Anpassung des Herzkreislaufsystems bei Ausdauerbelastung	22
7.5	Anpassung der Atmung	23
7.6	Längerfristige Anpassungen unter ausgeprägtem Ausdauertraining	23
8	Rehabilitation bei Herzpatienten.....	24
8.1	Ziele der Rehabilitation	24
8.2	Bewegungstherapie innerhalb der Rehabilitation.....	25
8.3	Effekte einer Ausdauerbelastung bei KHK-Patienten	25
8.4	Kontraindikationen	25
8.5	Abbruchkriterien während der Belastung.....	26
8.6	Leistungsdiagnostik	26
8.7	Ausdauertrainingsgestaltung bei KHK-Patienten	27
8.8	Dosierung	28
9	Zusammenfassung der Studien	29
10	Ergebnisse aus wissenschaftlicher Literatur	43
10.1	Tretleistung.....	43
10.2	Sauerstoffaufnahme (VO_2).....	44
10.3	Herzfrequenz (HF)	45
10.4	Subjektive Anstrengung.....	46
10.5	Muskelkater und muskuläre Beschwerden	47
10.6	Kraft-/Gehtests.....	47
10.7	Muskelfaserstruktur	48
10.8	Blutlaktatwerte	49
11	Diskussion	50

11.1 Studien mit Messungen während konzentrischer und exzentrischer Ausdauerbelastung.....	50
11.1.1 Studienprotokoll	50
11.1.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse	51
11.1.3 Einflussfaktoren auf die Ergebnisse.....	53
11.2 Studien zum Effekt von exzentrischem und konzentrischen Ausdauertraining	53
11.2.1 Studienprotokoll	53
11.2.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse	56
12 Schlussfolgerung	60
13 Theorie-Praxis-Transfer	61
14 Bezug zu den Fragestellungen.....	62
15 Danksagung.....	63
16 Eigenständigkeitserklärung	63
17 Quellenverzeichnis.....	64
17.1 Literaturverzeichnis.....	64
17.2 Abbildungsverzeichnis	67
17.3 Tabellenverzeichnis	67
18 Anhang	68
18.1 Wortzahl:	68
18.2 Beurteilungsformular.....	69
18.3 Studienbeurteilungen.....	73
18.4 Energiestoffwechsel.....	104
18.4.1 Energiequellen	104
18.4.2 Energieproduktion.....	104
18.4.3 ATP-Quellen im Muskel	105
18.4.4 Das Kreatinphosphatsystem.....	105
18.4.5 Die Glykolyse	106
18.4.6 Abbau von Fettsäuren	107
18.5 Abkürzungsverzeichnis.....	108
18.6 Glossar	109
18.7 Literaturverzeichnis Glossar	121

1 Abstract

1.1 Ziel

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist, die kardiovaskulären Reaktionen und den Effekt auf die muskuläre Belastbarkeit der Beine einer exzentrischen Fahrradergometer-Ausdauerbelastung bei Herzpatienten und Gesunden zu untersuchen.

1.2 Methode

Die Literaturrecherche für Studien zum Thema „exzentrisches Ausdauertraining bei Herzpatienten“ erfolgte in verschiedenen von der ZHAW zur Verfügung gestellten Datenbanken. Die Autorinnen einigten sich auf sieben Studien, welche mindestens ein exzentrisches Ausdauertraining oder metabolische Tests während exzentrischer Ausdauerbelastung auf einem Fahrradergometer durchführten.

1.3 Relevante Ergebnisse

Herzpatienten und gesunde Probanden konnten in allen Studien während exzentrischer Ausdauerbelastung auf einem Fahrradergometer bei gleicher oder geringerer VO_2 eine grössere Leistung erbringen als während konzentrischer Fahrradergometer-Ausdauerbelastung. Auch war die HF grundsätzlich während exzentrischer Muskelarbeit interindividuell sehr verschieden. Die konzentrische Muskelkraft der Knieextensoren verbesserte sich bei exzentrischem Ausdauertraining. Der grössere Kraftzuwachs hatte jedoch keinen funktionellen Effekt.

1.4 Schlussfolgerung

Exzentrisches Ausdauertraining könnte eine gute Trainingsmöglichkeit bei Herzpatienten darstellen, da es weniger Herzkreislauf belastend ist. Die Probanden reagierten jedoch interindividuell sehr verschieden auf die exzentrische Ausdauerbelastung. Zusätzlich ist bei der Dosierung Vorsicht geboten, da in den Studien verschiedene Belastungsintensitäten gewählt wurden. Dies erschwert die Umsetzung in die Praxis.

1.5 Keywords

eccentric training, coronary heart disease, coronary, negative work, anabolic metabolism, concentric training.

2 Einleitung

2.1 Darstellung des Themas, Problemstellung und Abgrenzung

Die kardiovaskuläre Ereignisrate kann präventiv durch körperliche Aktivität um bis zu 40% gesenkt werden (Mewis, Riessen & Spyridopoulos, 2006). In den Industrieländern betragen die Todesfälle durch Erkrankungen des Herzkreislaufsystems ca. 45% der Gesamtsterblichkeitsrate (Pokan et al., 2009). Dabei sterben ca. 50-60% der Erkrankten aufgrund der koronaren Herzkrankheit (KHK), beispielsweise durch einen Herzinfarkt (Hoffmann & Müller, 2008). Jedoch betonen Meyer und Foster. (2004) in ihrem Text: „Aufgrund des Fortschrittes der medizinischen Therapie leben Herzpatienten heute länger als noch vor einem Jahrzehnt und erreichen häufig eine normale Lebenserwartung.“ (S. 70)

Durch die verminderte kardiale Belastbarkeit der Herzpatienten erfolgt eine körperliche Inaktivierung (Pokan et al., 2009). Diese bewirkt wiederum eine Abnahme der Ausdauerfähigkeit, der Muskelkraft und Muskelmasse, welche die Patienten für die Bewältigung ihres Alltags brauchen (Meyer. & Foster, 2004). Somit ist die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit ein wichtiger Bestandteil der koronaren Rehabilitation (Hoffmann et al., 2008). Mittels körperlichem Training kann die Mobilität und Selbständigkeit erhalten werden, trotz des höheren Lebensalters und der Herzkrankheit (Meyer et al., 2004).

Um die Muskelkraft zu verbessern, wird bei gesunden Menschen das Krafttraining empfohlen. Studien zeigten jedoch, dass Herzpatienten Mühe hatten mit der erhöhten Nachlast beim Heben von Gewichten. Bei Übungen mit weniger Gewicht und mehr Wiederholungen wurden hingegen keine nachteiligen Effekte vermerkt. Zusätzlich verbesserte sich somit auch die aerobe Leistungskapazität, wobei die Patienten länger trainieren konnten bis sie ermüdeten. (Steiner, Meyer, Lippuner, Schmid, Saner, Hoppeler, 2003) Aufgrund dieser Erläuterungen wird ersichtlich, dass das Training für die Rehabilitation von Herzpatienten intensive Belastungsreize auf die Muskulatur setzen sollte, ohne das kardiovaskuläre System zu überfordern. Auch ist eine Verbesserung der aeroben Kapazität erwünscht. (Meyer et al., 2004).

Die exzentrische Muskelarbeit ist eine wesentliche Komponente unseres täglichen Lebens. Beim normalen Gehen, Berg ab gehen wie auch beim Runtersteigen der Treppe ist exzentrische Kraft erforderlich. (Steiner et al., 2003; Bubbico & Kravitz, 2010) Während

der exzentrischen Muskularbeit kann viel Kraft bei geringer metabolischer Belastung generiert werden (Bubbico et al., 2010).

Aufgrund dieser Tatsachen ist es für die Physiotherapie interessant, den Effekt des exzentrischen Ausdauertrainings auf die Ausdauerfähigkeit und die Muskelkraft bei belastungsreduzierten Herzpatienten zu untersuchen.

2.2 Fragestellungen

Welche kardiovaskulären Reaktionen zeigen sich während exzentrischer Fahrrad-ergometer-Ausdauerbelastung anhand der Sauerstoffaufnahme (VO_2) und der Herzfrequenz (HF)?

Was ist der Effekt von exzentrischem Fahrradergometer-Ausdauertraining bei Herzpatienten in Bezug auf das kardiovaskuläre System und die muskuläre Belastbarkeit der Beine? Dabei interessieren die Autorinnen Veränderungen bezüglich der Sauerstoffaufnahme (VO_2), der Herzfrequenz (HF), der subjektive Anstrengung, der Tretleistung, des Muskelkaters, der Muskelkraft und der Muskelfaserstruktur.

2.3 Zielsetzung

Die Ziele dieser Bachelorarbeit sind:

- anhand von Studien die kardiovaskulären Reaktionen während exzentrischer Fahrradergometer-Ausdauerbelastung bei Herzpatienten und Gesunden darzustellen.
- den Effekt dieser Trainingsmethode auf die muskuläre Belastbarkeit der Beine und das kardiovaskuläre System bei Herzpatienten sowie Gesunden zu erläutern.
- die Umsetzbarkeit dieser Ausdauerbelastungsmethode in die Praxis aufzuzeigen.

2.4 Anmerkungen

Medizinische und wissenschaftliche Begriffe dieser Arbeit sind zum Verständnis im Glossar definiert. Das Glossar befindet sich im Anhang.

3 Methode

3.1 Recherche

Zu Beginn der Bachelorarbeit, von Oktober 2011 bis Januar 2012, wurden Studien zum Thema „exzentrisches Training bei Schulterimpingement-Syndrom“ gesucht. Es wurde jedoch ein Review gefunden, das diese Thematik schon beschreibt. Da während der Recherche Studien entdeckt wurden, die exzentrisches Training bei Herzpatienten beleuchten und dies die Autorinnen ebenfalls interessierte, wurde die Fragestellung neu definiert.

Die daraufhin erneuerte Literaturrecherche erfolgte zwischen Januar und Februar 2012 systematisch in den Suchmaschinen AMED, binet.org, CINAHL, Crochane Library, Medline, PEDro, PubMed, SafteyLit und SAPHIR. Dabei wurden folgende Keywords verwendet:

„eccentric training“, „coronary heart disease“, „coronary“, „negative work“, „anabolic metabolism“ und „concentric training“.

In den Datenbanken PEDro, PubMed und Medline wurden passende Studien gefunden. Um die Suche noch einzugrenzen, wurden die Keywords folgendermassen verknüpft:

- eccentric training AND coronary heart disease
- eccentric training AND coronary
- eccentric training AND anabolic metabolism
- concentric training AND coronary heart disease
- negative work AND coronary heart

Unter genannten Schlagwörtern wurden in den Datenbanken PubMed 134, Medline 1 und PEDro 1 Artikel gefunden.

3.2 Einschlusskriterien

Folgende Einschlusskriterien wurden für die weitere Studienauswahl festgelegt:

- Studien mit exzentrischem Ausdauertraining mittels Fahrradergometer
- Studien bei KHK-Patienten und gesunden Probanden
- Studien, die mindestens Messungen und Vergleiche von HF und VO₂ aufzeigen.

3.3 Die Auswahl

Die Auswahl der Studien erfolgte im Februar 2012. Daraus ergaben sich sechs Studien, die sich aus drei randomisiert kontrollierten Studien (RCT), zwei Fallstudien und einem Review zusammensetzen.

RCTs:

- Does eccentric endurance training improve walking capacity in patients with coronary artery disease? A randomized controlled pilot study
Gremeaux, V., Duclay, J., Deley, G., Philipp, J.L., Laroche, D., Pousson, M. & Casillas, J.M. (2009)
- Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: a novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation?
Steiner, R., Meyer, K., Lippuner, K., Schmid, J.-P., Saner, H. & Hoppeler, H. (2003)
- Eccentric Exercise in Coronary Patients: Central Hemodynamic and Metabolic Responses
Meyer, K., Steiner, R., LaStayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Sander, H. & Hoppeler, H. (2003)

Fallstudien:

- Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments
Dufour, S.P., Lampert, E., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Billat, V.L., Piquard, F. & Richard, R. (2004)
- Cardiopulmonary Responses of Middle-Aged Men Without Cardiopulmonary Disease to Steady-Rate Positive and Negative Work Performed on a Cycle Ergometer.
Chung, F., Dean, E. & Ross, J. (1999)

Review:

- Eccentric Exercise in Patients with Chronic Health Conditions: A Systematic Review
Roig, M., Shadgan, B. & Darlene Reid, W. (2008)

Das Review wurde wieder ausgeschlossen, da es exzentrisches Ausdauertraining bei allgemein belastungsreduzierten Patienten mit chronischen Krankheiten behandelte. Ebenso wird hauptsächlich auf die Qualität der untersuchten Studien eingegangen. Somit war dieses Review zu oberflächlich für diese Arbeit.

Durch die Literaturangabe in der Studie von Dufour et al. (2004) wurden die Autorinnen im März 2012 auf zwei weitere Artikel aufmerksam und schlossen diese beiden RCTs ebenfalls in die Beurteilung mit ein.

- Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen
LaStayo, P.C., Reich, T.E., Urquhart, M., Hoppeler, H. & Lindstedt S.L. (1999)
- Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities
LaStayo, P.C., Pierotti, D.J., Pifer, J., Hoppeler, H. & Lindstedt, S.L. (2000)

Somit werden in dieser Arbeit insgesamt sieben Studien behandelt.

3.4 Bewertung der Studien

Die Studien wurden im März 2012 mit der deutschen Übersetzung des Formulars „Critical Review Form – Quantitativ Studies“ von Law, Stewart, Pollock, Letts, Bosch & Westmorland (1998) beurteilt. Da dieses Formular ursprünglich für Studien der Ergotherapie entwickelt wurde, nahmen die Autorinnen wenige Anpassungen vor. Auch entwickelten sie eine Punkteskala bezüglich der Qualität der Studien, um die Beurteilung zu objektivieren. Die erreichte Punktzahl einer Studie sagt jedoch wenig über deren inhaltlichen Aspekte aus. Die RCTs können eine maximale Punktzahl von 18 und die Fallstudien von 15 Punkten erreichen. Das Beurteilungsformular mit Punkteskala sowie die Studienbeurteilungen sind im Anhang zu finden.

3.5 Theoretischer Hintergrund

Für den theoretischen Hintergrund wurde im Februar und März 2012 im NEBIS-Katalog der Gesundheitsbibliothek in Winterthur und der Zentralbibliothek Zürich nach Büchern und Artikeln recherchiert. Zudem wurden themenbezogene Vorlesungen und obligatorische Bücher für das Physiotherapiestudium an der ZHAW durchforscht.

3.6 Schreibprozess

Die vorliegende Bachelorarbeit wurde von Anfang März bis Mitte April 2012 in einen Rohtext verfasst. Anschliessend erfolgte die Überarbeitung bis Mitte Mai 2012.

4 Koronare Herzkrankheit

In diesem Kapitel möchten die Autorinnen näher auf die koronare Herzkrankheit eingehen, da drei der ausgewählten Studien bei Patienten mit einer koronaren Herzkrankheit durchgeführt wurden. Die koronare Herzkrankheit gehört zu den Erkrankungen des Herzkreislaufsystems, auf welche nachfolgend kurz eingegangen wird. Anschliessend folgt die Definition der koronaren Herzkrankheit, deren Risikofaktoren und Folgen.

4.1 Erkrankungen des Herzkreislaufsystems

Todesfälle aufgrund von Erkrankungen des Herzkreislaufsystems betragen in den Industrieländern ca. 45% und in den Entwicklungsländern um die 25% der Gesamtsterblichkeitsrate (Pokan et al., 2009). Laut Pokan et al. (2009) werden nach der WHO (World Health Organization) 1992 folgende Diagnosegruppen dazu gezählt:

- Akutes rheumatisches Fieber
- Chronisch rheumatische Herzkrankheiten
- Hypertonie
- Ischämische Herzkrankheiten
- Pulmonale Herzkrankheit und Krankheiten des Lungenkreislaufs
- Zerebrovaskuläre Krankheiten
- Krankheiten der Arterien, Arteriolen und Kapillaren
- Krankheiten der Venen, der Lymphgefässe und der Lymphknoten
- Sonstige und nicht näher bezeichnete Krankheiten des Kreislaufsystems.

In den nächsten Jahren könnte die kardiovaskuläre Mortalität weiter steigen, da die Bevölkerung immer älter wird und somit eventuell mehr Menschen an Herzkreislaufkrankheiten leiden. Auch führt die steigende Häufigkeit der Erkrankungen in der Bevölkerung, die sogenannte Morbidität, zu schwerwiegenden physischen, psychischen und sozialen Beeinträchtigungen und daraus resultierender Lebensqualitätsminderung. (Pokan et al., 2009)

4.2 Definition

Durch einen manifesten Verlauf der Arteriosklerose in den Herzkranzarterien entwickelt sich dort eine Lumenverengung, eine sogenannte Stenose (Mewis et al., 2006). Dadurch entsteht ein Missverhältnis von Sauerstoffbedarf und Sauerstoffangebot im Herzmuskel (ischämische Herzkrankheit). Bei einer relevanten Stenose, welche sich durch eine

Lumenverengung von mindestens 70% definiert, können klinische Symptome auftreten. (Mewis et al., 2006; Pokan et al., 2009)

4.2.1 Risikofaktoren

Mewis et al. (2006) definieren folgende Risikofaktoren einer koronaren Herzkrankheit:

- Hyperlipoproteinämie (Fettstoffwechselstörung)
- Nikotinabusus
- Diabetes mellitus
- Arterielle Hypertonie
- Adipositas (Fettleibigkeit).

4.2.2 Folgen

Die koronare Herzkrankheit kann still verlaufen oder sich zu einer Angina pectoris, einem Myokardinfarkt, einer Herzinsuffizienz, Herzrhythmusstörungen oder einem plötzlichen Herztod entwickeln (Mewis et al., 2006; Pokan et al., 2009). Bei einem Myokardinfarkt stirbt Herzmuskelgewebe ab und es entsteht kontraktionsunfähiges Narbengewebe. Die Herzinsuffizienz hingegen geht mit einer Funktionsstörung des Herzens einher, wobei das Schlagvolumen reduziert ist. (Van Gestel, k.D.)

Die koronare Problematik, welche meist schon länger besteht, führt mit der Zeit zu einer eingeschränkten Belastbarkeit, vorzeitiger Belastungsdyspnoe und somit folgender körperlichen Inaktivierung. Dadurch werden die Muskeln nicht genügend beansprucht und es kommt zu einer Umwandlung der Muskelfasern von langsamen tonischen Muskelfasern zu schnellen Fasertypen. Dabei verändern sich die Zellkerne, die Mitochondrien sowie die Bereiche des sarkoplasmatischen Retikulums der Muskelfasern. Damit verbunden ist eine geringere aerobe Aktivität des Muskels und Muskelatrophie. Zusätzlich leiden die Patienten an Appetitmangel, wodurch sie zu wenig Eiweiss zu sich nehmen und Muskelabbau die Folge sein kann. (Pokan et al., 2009)

5 Muskelphysiologie

Um die exzentrische Muskelarbeit zu verstehen, werden in diesem Kapitel der Muskelaufbau anhand der Abbildung 1 und der Ablauf einer Muskelkontraktion genauer beschrieben.

5.1 Muskelaufbau

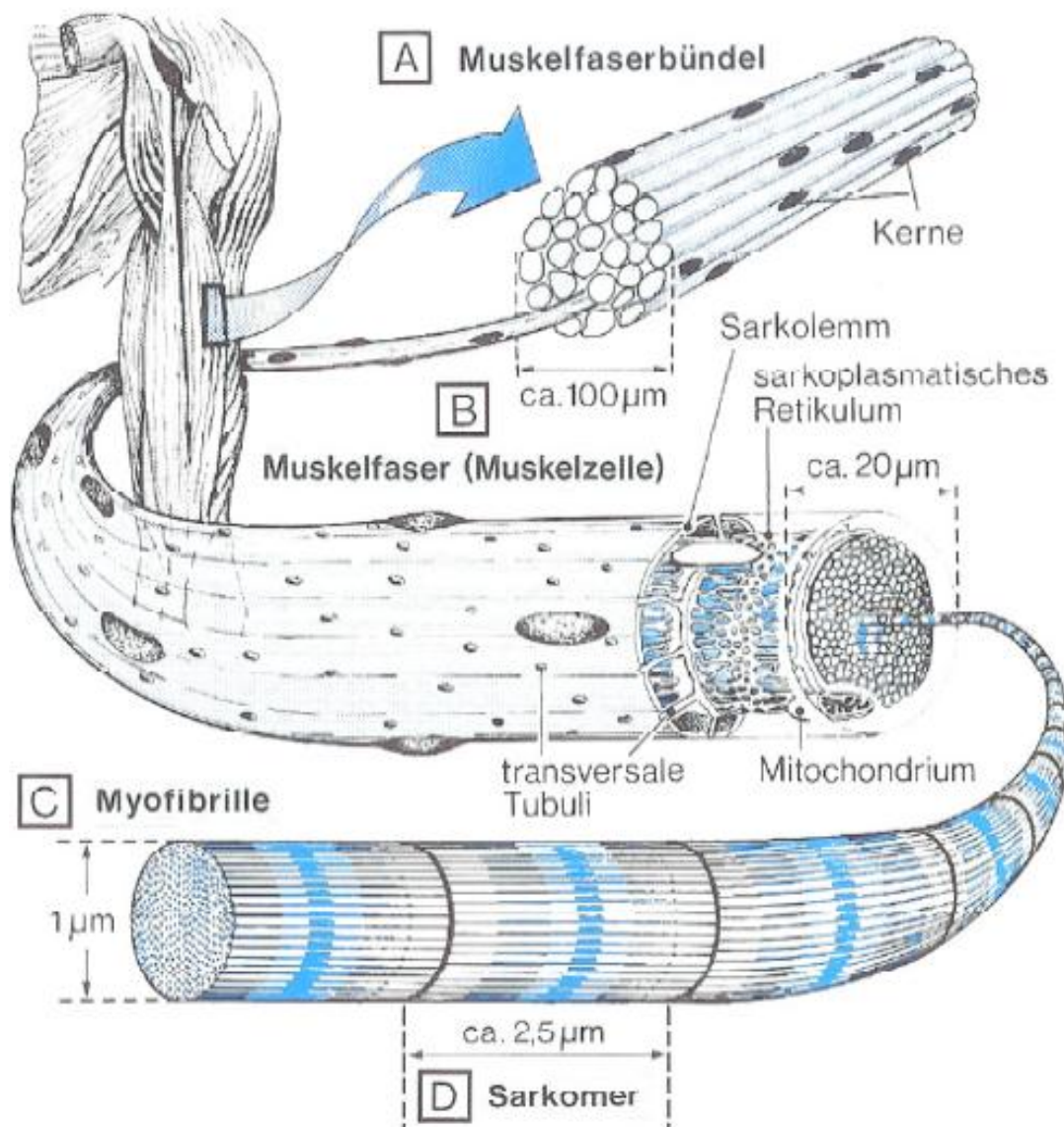


Abb. 1: Aufbau eines Muskels

Ein Muskel besteht aus vielen Muskelfasern. Dies sind grosse lange Zellen, die mehrere Zellkerne besitzen. Eine Muskelfaser ist aus vielen Myofibrillen aufgebaut, welche sich wiederum aus aneinander gereihten Sarkomeren zusammensetzen. (Van Duijn, 2009)

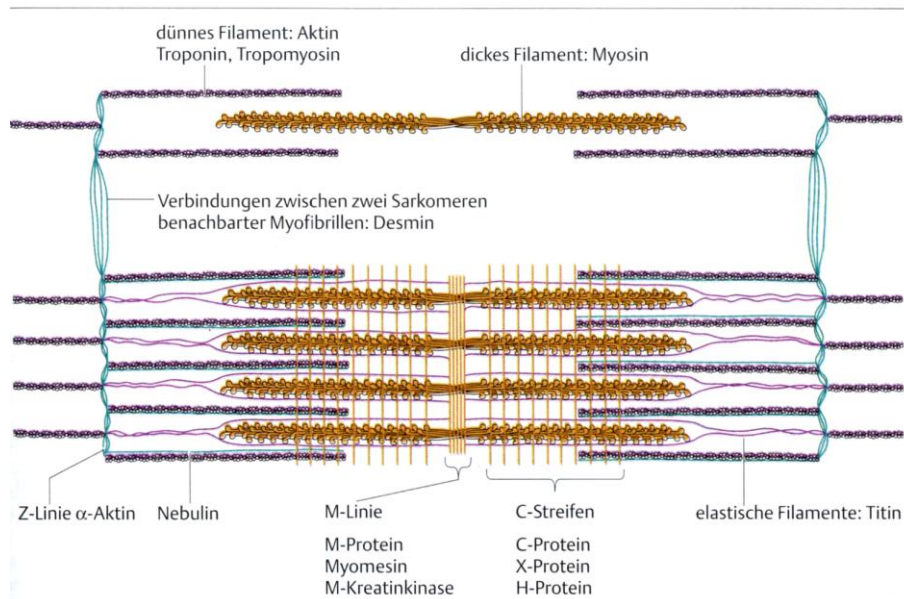


Abb. 2: Aufbau eines Sarkomers auf elektronenmikroskopischer Ebene

Auf elektronenmikroskopischer Ebene ist ersichtlich (Abb. 2), dass die Sarkomere durch die Z-Linien begrenzt sind. Ein Sarkomer besteht aus zwei verschiedenen Myofilamenten: den dicken Myosin- und den dünnen Aktinfilamenten (Horn et al., 2005; Van den Berg & Cabri, 2003; Van Duijn, 2009). Die Aktinfilamente liegen zwischen den Myosinfilamenten (Van den Berg et al., 2003). Im entspannten Zustand überlappen sich die Myofilamente in der Mitte nicht vollständig (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003). Dadurch können sich bei der Kontraktion die Aktinfilamente zur Mitte der Myosinfilamente hinschieben (Van den Berg et al., 2003).

Die Aktinfilamente sind mittels α -Aktin mit den Z-Linien verbunden und werden so in ihrer Position gehalten (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003). Wie in Abb.3 ersichtlich, besitzt ein Aktinfilament Aktinproteine, Troponinkomplexe und Tropomyosin (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003; Van Duijn, 2009).

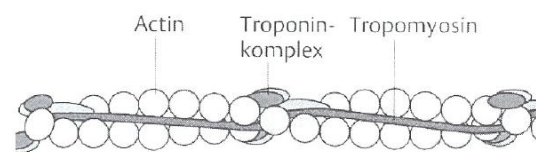


Abb. 3: Aktinfilament

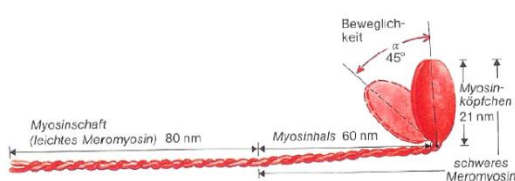


Abb. 4: Myosinfilament

Abb.4 zeigt ein Myosinfilament. Diese sind ebenfalls mittels Verbindungsstrukturen in ihrer Position gesichert (Horn et al., 2005). So stabilisiert zum Beispiel Titin die Myosinfilamente am α -Aktin (Van Duijn, 2009). Auch gibt der M-Streifen in der Mitte des Sarkomeres den Myosinfilamenten Halt. Ein Myosinfilament besteht aus

Myosinmolekülen, welche wiederum je aus sechs Polypeptidketten aufgebaut sind. (Horn et al., 2005) Zwei Ketten winden sich und bilden einen Schaft, einen beweglichen Halsteil und am Ende das sogenannte Myosinköpfchen. Der Kopf besitzt einerseits eine Andockstelle für ATP (Adenosintriphosphat) andererseits eine Aktinbindungsstelle. (Horn et al., 2005; Van Duijn, 2009)

5.2 Vom elektrischen Signal zur Kontraktion

Bei einer willentlichen Kontraktion eines Muskels wird ein Aktionspotential im motorischen Nerv zur motorischen Endplatte weitergeleitet. Dort wird die Erregung auf die Muskelfasern übertragen und Kalzium-Ionen (Ca^{2+}) strömen aus dem anliegenden sarkoplasmatischen Retikulum in das Zytoplasma der Muskelzelle (siehe Abb. 5). (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003) Diese Kalzium-Ionen binden sich an Troponin. Durch die Ca^{2+} -Bindung wird das Tropomyosinmolekül räumlich neu geordnet und die Bindungsstelle am Aktin wird für das Myosinköpfchen frei. (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003; Van Duijn, 2009)

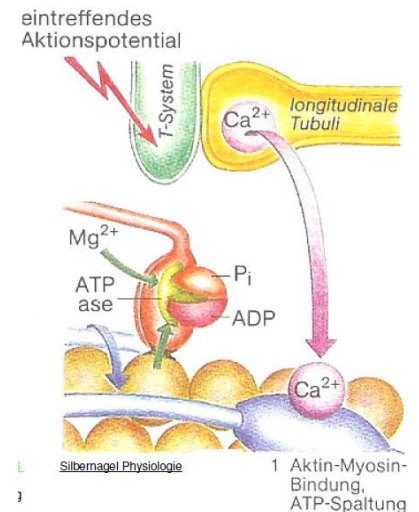


Abb. 5: Kontraktionsmechanismus

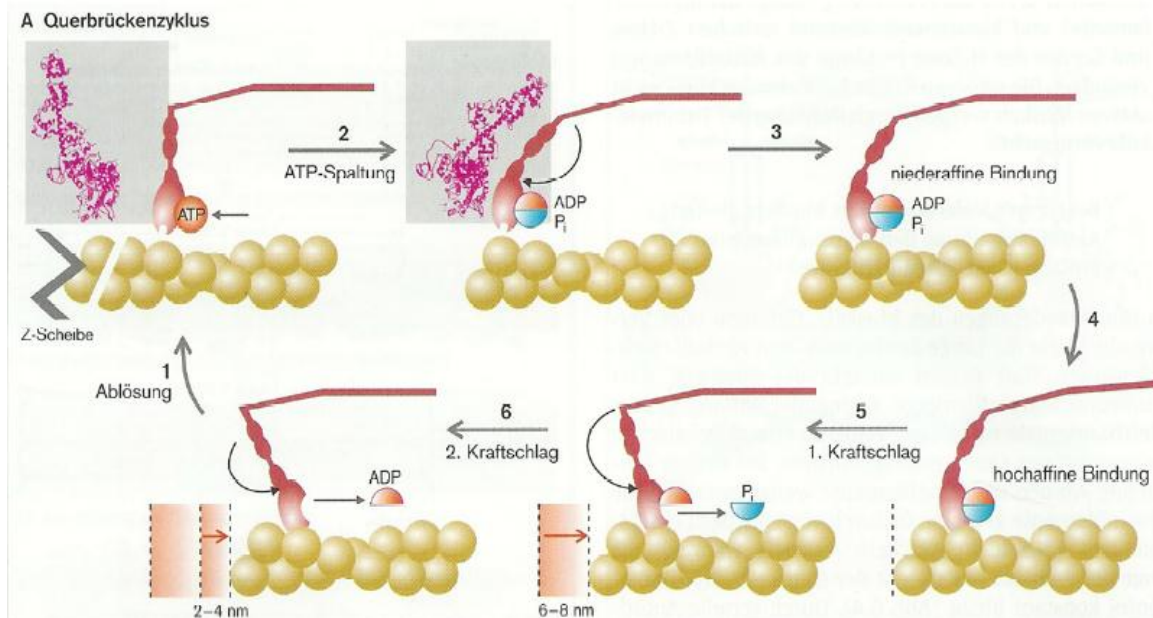


Abb. 6: Abfolge des Querbrückenzyklus

Im Folgenden wird der Querbrückenzyklus anhand der Abb. 6 beschrieben. Das Myosinköpfchen dockt an das Aktin (Phase 3-4). Diese sogenannte Querbrücke bewirkt, dass sich die bereits gespaltenen Adenosintriphosphat (ATP)-Elemente, Adenosindiphosphat

(ADP) und Phosphat (P), vom Myosinköpfchen lösen (Van Duijn, 2009). Es wird Energie frei und der Kopf sowie der Halsteil des Myosins werden gebogen. Durch diese Bewegung wird das Aktinfilament über das Myosinfilament verschoben. (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003; Van Duijn, 2009) Diese Bewegung kann in zwei Kraftschläge unterteilt werden. Der erste Kraftschlag (Phase 5) erfolgt bei der Abspaltung des P und der zweite Kraftschlag (Phase 6) durch das Lösen des ADP vom Myosinköpfchen. (Van Duijn, 2009) Sobald sich ein neues ATP an das Myosinköpfchen bindet, löst sich dieses vom Aktin (Phase 1). (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003; Van Duijn, 2009) Durch die Spaltung des ATPs in ADP und P klappt der Kopf- und Halsteil des Myosins wieder auf (Phase 2) und das Myosin bindet sich erneut an das Aktin (Van Duijn, 2009). Somit kann der Querbrückenzyklus wieder von neuem beginnen (Horn et al., 2005).

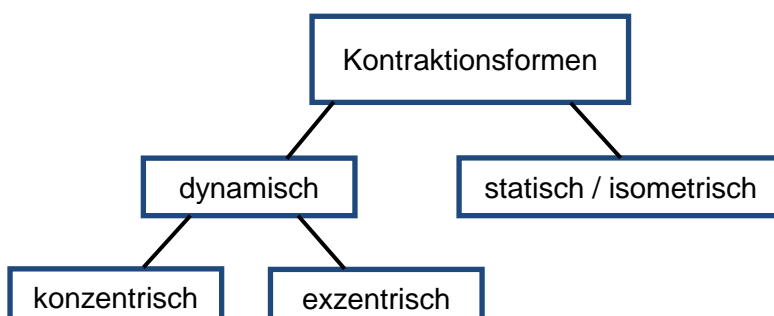
Während der Kontraktion werden Ca^{2+} -Ionen stetig aktiv in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt. Dieser Vorgang benötigt viel ATP. Das heisst die Muskelzelle verwendet 25% ihrer Energie für das Zurückführen des Kalziums. Nimmt das elektrische Signal zum Muskel ab, sinkt der Kalzium-Wert innerhalb der Muskelzelle wieder. Der Tropomyosinkomplex schwenkt in die Ausgangsstellung zurück, wodurch keine Querbrücken mehr möglich sind und sich der Muskel entspannt.

Ein Myosinfilament besitzt ca. 600 Myosinköpfchen. Dabei sind nicht alle Myosinköpfchen gleichzeitig an die Andockstelle des Aktinfilaments gebunden. (Van Duijn, 2009) Für einen Kraftschlag werden die Myosinköpfchen zeitlich versetzt aktiviert (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003). Somit müssen diese Kraftschläge gut koordiniert werden, um eine fließende Bewegung zu erhalten (Van Duijn, 2009).

6 Kontraktionsformen des Muskels

Van Duijn (2009) nennt die verschiedenen Kontraktionsformen des Muskels, welche in der Grafik 1 ersichtlich sind.

Grafik 1 Kontraktionsformen



6.1 Konzentrische Muskularbeit

Während der konzentrischen Muskularbeit ist die aufgewendete Muskelkraft grösser als der Widerstand. Dabei verläuft die Bewegung der Kontraktion in die Richtung, in die sich der Muskel verkürzt. Das heisst Ursprung und Ansatz des Muskels nähern sich an.

(Boeckh-Behrens & Buskies, 2004)

Der Kontraktionsmechanismus auf Sarkomer-Ebene bei der konzentrischen Muskularbeit wurde im Kapitel 5.2. beschrieben. Deshalb wird an dieser Stelle nicht mehr darauf eingegangen.

6.2 Exzentrische Muskularbeit

Da sich die ausgewählten Studien mit exzentrischer Muskularbeit befassen, wird in diesem Kapitel der Vorgang dieser Arbeitsweise genauer beschrieben.

6.2.1 Definition

Der Begriff „exzentrisch“ entstand 1950 (Steiner, 2003). Die Bezeichnung exzentrisch kommt von excentric (ex = weg von, centric = bezieht sich auf ein Zentrum) und bedeutet „weg vom Zentrum bewegen“ (Bubbico et al., 2010). 50 Jahre vorher wurde für dieselbe Muskularbeit von „negative work“ gesprochen (Steiner, 2003). Diese Bezeichnung gründet darin, dass der Muskel bei der Bewegung Energie absorbiert (Bubbico et al., 2010). Heute werden die beiden Begriffe als Synonyme verwendet (Steiner, 2003).

6.2.2 Die exzentrische Bewegung

„Als exzentrisch werden Bewegungen bezeichnet, bei denen sich der Gelenkwinkel auf der Agonistenseite öffnet.“ (Steiner, 2003) Der aktive, kontrahierte Muskel verlängert sich unter Spannung, ausgelöst durch eine einwirkende äussere Kraft. Im Alltag ist dies meist die Gravitationskraft. Der Muskel verrichtet so eine Auffang- oder Bremsarbeit. (Bubbico et al., 2010; Hegner, 2009; Steiner, 2003) Die exzentrische Muskularbeit ist ein wichtiger Anteil der Alltagsaktivität. Die Muskeln arbeiten dabei als Stossdämpfer und absorbieren somit die Bewegungsenergie. (Bubbico et al., 2010; Steiner, 2003) Ein Teil der aufgenommenen kinetischen Energie kann in der konzentrischen Phase wieder abgegeben werden. Die Muskularbeit kann deshalb mit der dynamischen Funktion einer Feder verglichen werden. Der Körper kann so beträchtlich Energie sparen. (Meyer et al., 2004; Steiner, 2003) Ebenso ist die exzentrische Muskularbeit durch die bremsende Wirkung und als Gegenkraft zur konzentrischen Arbeitsweise ein Schutz der Gelenkstrukturen vor Verletzungen (Bubbico et al., 2010). Die meisten Bewegungsabfolgen bestehen aus

exzentrischer und konzentrischer Muskelaktivität. Die exzentrische Bewegung erfordert eine präzisere Kontrolle, wie beispielsweise ein Glas abstellen. Aber auch Berg ab gehen oder Treppen runtersteigen sind Beispiele für exzentrische Muskelarbeit. (Hegner, 2009; Meyer et al., 2004; Steiner, 2003)

Auf Sarkomer-Ebene ist die exzentrische Muskelarbeit noch nicht vollständig geklärt. Herzog Leonard, Joumaa & Mehta (2008, zitiert nach Bubbico et al., 2010) vermuten Folgendes: Bei der exzentrischen Arbeit werden die Myosinfilamente der Muskelfaser von aussen gegen seine Kontraktion gedehnt. Dabei löst sich eine kleine Anzahl der Querbrücken von Aktin und Myosin, während die restlichen Querbrücken noch zusammen bleiben. Des Weiteren wird vermutet, dass die Steifheit von Titin während der exzentrischen Arbeit zunimmt. Dies verstärkt die passive Muskelkraft und die Kraftproduktion des Muskels wird positiv beeinflusst, beziehungsweise das Verlängern des Muskels wird erschwert. (Bubbico et al., 2010) So kann mit dynamisch exzentrischer Aktivität bis zu 40% mehr Kraft entwickelt werden, als bei isometrischer. Die isometrische Maximalkraft liegt wiederum über der dynamisch konzentrischen Maximalkraft. (Hegner, 2009; Hortobágy, Devita, Money, & Barrier, 2000; Steiner, 2003)

6.2.3 Metabolismus

Bei der konzentrischen Arbeit wird ein ATP-Molekül benötigt, um das Sarkomer zu verkürzen. Bei der exzentrischen Aktivität hingegen werden die Querbrücken durch die von aussen einwirkende Kraft voneinander gelöst (Bubbico et al., 2010; Van Duijn, 2009). Das heisst die Muskulatur leistet Brems- anstatt Überwindungsarbeit. (2) Daraus lässt sich schliessen, dass exzentrische Muskelarbeit weniger Energie benötigt als konzentrische (McHugh, Connolly, Easton & Gleim, 1999, zitiert nach Bubbico et al., 2010; Hegner, 2009). Die Studie von Fang, Siemionow, Sahgal, Xiong und Guang (2004) ergab zudem, dass trotz grösserer exzentrischer Muskelkraft die neuromuskuläre (EMG) Aktivität des Biceps brachii geringer ausfällt als bei konzentrischer Muskelaktivität. Dies entsteht dadurch, dass eine zusätzliche Kraft von den gedehnten elastischen Strukturen beigesteuert wird. (Fang et al., 2004)

6.2.4 Exzentrisch vs. Konzentrisch

Hegner (2009) vergleicht auf Seite 140 die konzentrische und exzentrische Muskelarbeit folgendermassen tabellarisch:

Tabelle 1 Gegenüberstellung konzentrisches vs. exzentrisches Training

	Dynamisch-konzentrisches Training	Dynamisch-exzentrisches Training
Arbeitsweise	Überwindend, positive Beschleunigung	Nachgebend, bremsend, negative Beschleunigung
Funktionsweise	Innere Widerstände der Muskel-Sehnen-Komplexe müssen überwunden werden.	Innere Widerstände der Muskel-Sehnen-Komplexe, die elastische Energie, wird für die Dämpf- und Bremsarbeit genutzt.
Trainingslast	Max. 100% der Maximalkraft	Bis zu 140% der (statischen) Maximalkraft
Muskelkater	Geringes Risiko; die Muskeln können praktisch nicht überfordert werden.	Erhebliches Risiko; die Muskeln werden bei intensiver, ungewohnter Beanspruchung oft überfordert.
Belastung passiver Strukturen	Mit Voraussetzung, dass Rumpf und Gelenke ausreichend stabilisiert werden, besteht kaum Gefahr, dass diese überlastet werden.	Belastung des Bewegungs- und Stützsystems kann sehr gross sein. Die Kontrolle ist erschwert und die Gefahr, dass einzelne Strukturen überbelastet und geschädigt werden, ist vorhanden.
Energiebilanz	Der Energieaufwand und die Sauerstoffaufnahme sind relativ hoch, kardio-vaskuläres System wird intensiv beansprucht und mittrainiert.	Die Sauerstoffaufnahme, die Beanspruchung des Energiestoffwechsels und die Belastung des kardio-respiratorischen Systems sind um 50-80% geringer als bei dynamisch-konzentrischem Training.
Anforderung	Mittelmässig hohe Anforderung an intramuskuläre Koordination.	hohe bis sehr hohe Anforderung an intramuskuläre Koordination.
Anwendung	Hypertrophietraining, Entwicklung einer hohen Belastungsverträglichkeit der Muskulatur und des Binde- und Stützgewebes.	Motorische Einheiten werden aktiviert, welche durch die willkürliche konzentrische Arbeit nicht rekrutiert werden können, Entwicklung der intramuskulären Koordination auf hohem und höchstem Niveau.

6.2.5 Konsequenzen für das Training

Grundsätzlich soll das Training je nach Beanspruchung gestaltet werden. Das heisst, wenn die exzentrische Leistungsfähigkeit verbessert werden soll, so erfordert dies ein exzentrisches Training. In der Rehabilitation wird exzentrisches Training bei Pathologien, welche ätiologisch eine exzentrische Komponente aufweisen (z.B. Tennisellbogen), empfohlen. (Steiner, 2003) Im Krafttraining ist das exzentrische Training eine sehr effiziente Methode, wenn man den Muskel zu weiteren Anpassungen provozieren will. Es ist jedoch wichtig, dass durch aufbauendes konzentrisches Krafttraining die nötige Belastungstoleranz bereits entwickelt ist. (Hegner, 2009)

7 Ausdauerleistung

In den Studien werden Ausdauertrainings durchgeführt. Aus diesem Grund wird nachfolgend auf die Definition von Ausdauer eingegangen. Zudem werden Anpassungen des Organismus auf Ausdauerbelastung beschrieben. Zum Verständnis der Ausdauerleistung werden Grundkenntnisse zum Energiestoffwechsel vorausgesetzt. Diese werden im Anhang behandelt.

7.1 Definition

Ausdauer wird als Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung definiert. Unter mittelfristiger (Minuten bis Stunden) Ausdauerleistung steigert der Körper die aerobe Glykolyse. Dabei spielt die ausreichende VO_2 und Kohlendioxidabgabe eine essenzielle Rolle. Somit muss der Körper nicht nur die Energiebereitstellung verändern, sondern auch die Atmung und den Kreislauf anpassen. (Speckmann, Hescheler & Köhling, 2008)

7.2 Energiequellen

Während einer Ausdauerleistung werden die Energiespeicher geleert und müssen möglichst schnell durch Aufnahme von Glukose aus dem Blut wieder aufgefüllt werden (Speckmann et al., 2008).

Die aerobe Glykolyse ist die wichtigste Energiequelle im Muskel. Bei adäquater Durchblutung liefert sie stetig ATP. Während dynamischer Arbeit wird die Muskelzelle besser mit Blut und Sauerstoff versorgt. Somit kann die aerobe Energiegewinnung bei dynamischer Arbeit länger aufrechterhalten bleiben als bei isometrischer Arbeit. (Mewis et al., 2006; Speckmann et al., 2008)

Der aerobe Abbau von Glukose und Fettsäuren kann den maximalen ATP-Verbrauch in der phasischen Muskulatur nicht decken, da sie langsam abläuft. Die

anaerobe Glykolyse hingegen verläuft sehr schnell und kann somit den ATP-Verbrauch vorübergehend auch bei den phasischen Muskeln und unter ungenügender Sauerstoffversorgung decken. Jedoch ist der Energiegewinn gering und durch die Laktatbildung entsteht eine metabolische Azidose. Bei höherer Belastung wird zusätzlich das Kreatinsystem aktiv, um ATP zu synthetisieren. (Speckmann et al., 2008)

7.3 Aerobe und anaerobe Schwelle

Die aerobe und anaerobe Schwelle werden anhand der Laktatkonzentration im Blut gemessen. Die aerobe Schwelle definiert sich als Dauerleistungsgrenze und beträgt 2mmol pro Liter Blut. (Mewis et al., 2006) Die Energiebereitstellung ist unterhalb dieser Schwelle vorwiegend aerob. Wird die aerobe Schwelle erreicht, steigt erstmals die Laktatkonzentration im Blut sowie das Sauerstoffäquivalent (Atemminutenvolumen / VO_2) an. Auch werden dabei ca. 70-80% der maximalen HF erreicht. Wird die Belastungsintensität weiter gesteigert, nimmt die anaerobe Energiebereitstellung und somit die Laktatkonzentration stetig zu. Die anaerobe Schwelle wird definiert bei 4mmol Laktat pro Liter Blut. Bis zu dieser Schwelle ist unter der aktuellen Belastungsintensität gerade noch keine Zunahme der metabolischen Laktatazidose zu messen. Das heisst, die Bildung und der Abbau des Laktats befinden sich im Gleichgewicht (Laktat-Steady-State). Bei der anaeroben Schwelle zeigen sich eine Steigerung des Kohlendioxidäquivalents und die Erreichung von ca. 85-95% der maximalen HF. (Vogt et al., 2005) Aus der Atemgasanalyse erkennt man das überproportionale Steigen des Atemminutenvolumens, die stärkere Zunahme der Kohlendioxidproduktion (VCO_2) im Gegensatz zur VO_2 (Speckmann et al., 2008). Es ist keine klare anaerobe Schwelle abgrenzbar. Da die Blutlaktatkonzentration sehr individuell ist, sollte das Training der individuellen anaeroben Schwelle angepasst sein. (Mewis et al., 2006)

7.4 Anpassung des Herzkreislaufsystems bei Ausdauerbelastung

Ein wichtiges Ziel des Organismus ist es, die Lebensfunktionen optimal aufrecht zu erhalten. Dabei müssen sich die Zellen und der Organismus an die veränderten Umweltbedingungen anpassen und regulieren bestimmte Funktionen herauf oder herunter. Ein längerdauernder Reiz führt zu einem strukturellen Umbau. (Speckmann et al., 2008)

Das Herzkreislaufsystem passt sich unter kontinuierlicher Belastung an. Das Herzminutenvolumen wird durch eine höhere HF und zunehmendes Schlagvolumen gesteigert. (Mewis et al., 2006; Speckmann et al., 2008) Diese Aufgabe fällt dem Sympathikus des autonomen Nervensystems zu (Van Gestel, k.D.) In den arbeitenden

Muskeln, im Herz und im Gehirn bewirkt die Ausdauerleistung eine Vasodilatation und in allen übrigen Organen eine Vasokonstriktion (Speckmann et al., 2008; Van Gestel, k.D.). Durch die lokale Vasodilatation im Muskel sinkt der periphere Gefässwiderstand und würde zu einem Blutdruckabfall führen. Dies wird jedoch durch das sympathische Nervensystem verhindert. Auch begünstigt der Sympathikus den Blutrückstrom zur rechten Herzkammer. (Van Gestel, k.D.)

7.5 Anpassung der Atmung

Das Ziel der angepassten Atmung unter Belastung ist eine bessere Sauerstoffversorgung der Muskulatur. Das Atemzeitvolumen kann bis auf 140 l/min ansteigen. Das Atemäquivalent bleibt bis zur aeroben Schwelle konstant. Steigt die Ventilation stark an, steigt auch das Atemäquivalent. (Speckmann et al., 2008)

Zu Beginn der Leistung kann die Muskulatur nicht sofort Sauerstoff verwenden und es entsteht ein Sauerstoffdefizit. Bei leichter Arbeit entwickelt sich ein Ausgleich zwischen VO_2 und Sauerstoffbedarf. Nach der Belastung wird auf Grund der Sauerstoffschuld zusätzlich Sauerstoff verbraucht.

Während schwerer Belastung ist der Sauerstoffbedarf wie auch die Kohlendioxidproduktion grösser als die VO_2 . Dies führt dazu, dass anaerob ATP gebildet werden muss und eine metabolische Azidose entsteht. Die Atmung kompensiert mit einem gesteigerten Antrieb und darauf folgender Hyperventilation. (Mewis et al., 2006; Speckmann et al., 2008) Am Ende einer starken Belastung ist die Sauerstoffschuld deutlich grösser als bei leichter Arbeit (Speckmann et al., 2008).

7.6 Längerfristige Anpassungen unter ausgeprägtem Ausdauertraining

Das Ziel des Ausdauertrainings ist die Dauerleistungsgrenze zu verschieben. Bei längerem aerobem Ausdauertraining werden die zellulären Energiespeicher entleert. Durch das wiederholte Auffüllen und Entleeren vermehren sich die Speicher und es kommt zu einer gesteigerten Leistungsfähigkeit. (Speckmann et al., 2008) Auch bewirkt der erhöhte ATP-Verbrauch eine Vergrößerung der Mitochondrienoberfläche, wodurch die aerobe Kapazität gesteigert wird (Pokan et al., 2009; Speckmann et al., 2008).

Ausdauertraining führt zu besserer Durchblutung der beanspruchten Muskulatur und einer grösseren Kapillardichte. Auch steigert sich das Blutvolumen, wodurch sich das gesamte Hämoglobin vermehrt. Dies führt wiederum zu einer höheren maximalen VO_2 . (Speckmann et al., 2008) Zusätzlich beeinflusst die dynamische Belastung den Fettstoff-

wechsel positiv, wobei die Entstehung von Arteriosklerose verzögert werden kann (Mewis et al., 2006).

Der Mensch kann nach 7-10 Tagen Training die trainierten Bewegungen effizienter durchführen, wobei die Beanspruchung sinkt und die Leistung länger aufrechterhalten werden kann. Auch können die Muskelfasern besser rekrutiert werden. (Speckmann et al., 2008)

Das Herz kann sich unter ausgeprägtem Ausdauertraining folgendermassen anpassen: die Herzwände hypertrophieren, das Volumen der Herzhöhlen wird grösser und das Herzvolumen kann sich bis zu 100% vergrössern. Das Schlagvolumen in Ruhe kann sich bis zu 100% und das maximale Herzminutenvolumen bis zu 90% steigern. Dadurch sinkt der Puls in Ruhe und kann Werte unter 40 Schläge/min erreichen. Das Herzminutenvolumen bleibt unter Ruhebedingungen vor und nach dem Training unverändert, da das Schlagvolumen zwar zunimmt die HF jedoch abnimmt. (Mewis et al., 2006; Speckmann et al., 2008)

Ausdauertraining hat auch einen Einfluss auf hormonelle Organe, wie Hypophyse und Nebenniere. Dadurch wird die Steuerung des Stoffwechsels sensativer für verschiedene Hormone und die Anpassung der Ausdauerleistung wird verbessert. (Speckmann et al., 2008)

8 Rehabilitation bei Herzpatienten

„Die umfassende kardiologische Rehabilitation ist die Summe von koordinierten Massnahmen, welche die Folgen von Herzerkrankungen vermindern, die Morbidität und Mortalität reduzieren und die gesundheitsbezogene Lebensqualität einschliesslich der psychosozialen Situation der Patienten verbessern sollen. Dabei ist die Bereitstellung strukturierter sekundärpräventiver Strategien besonders wichtig. Schwerpunkte dieser Massnahmen sind Trainingstherapie und Aktivitätsberatung sowie Ernährungstherapie und -beratung, Raucherentwöhnung, psychosoziale Intervention und Pharmakotherapie.“ (Pokan et al., 2009, S.17)

8.1 Ziele der Rehabilitation

Die Ziele einer individuell angepassten Bewegungstherapie sind: die Lebensqualität und funktionelle Kapazität wiederzuerlangen und zu verbessern sowie erneuten kardialen Ereignissen vorzubeugen und die Progression der Erkrankung zu verringern (Mewis et al., 2006). Auch soll die Motivation für mehr Bewegung im Alltag gefördert, der Umgang mit

Stress erlernt, die Rückkehr in den Arbeitsprozess ermöglicht und Ängste abgebaut werden. (Van Gestel, k. D.)

8.2 Bewegungstherapie innerhalb der Rehabilitation

Die Schweizerische Arbeitsgruppe für kardiale Rehabilitation (SAKR) (2011) empfiehlt speziell ausgebildete Herztherapeuten zur Durchführung und Leitung einer Bewegungstherapie. Die Schwerpunkte sollten bei der Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit und Koordination liegen. Laut Herr A. Van Gestel (k. D.) ist auch die Gruppen-Gymnastik ein wichtiger Bestandteil, da dies Spass macht, die Patienten sich austauschen können und die Motivation für mehr Bewegung fördert.

8.3 Effekte einer Ausdauerbelastung bei KHK-Patienten

Ausdauertraining senkt den Cholesterinspiegel, womit eine Abschwächung der KHK-Progression erfolgt. Zudem wird die maximale VO_2 ($VO_{2\max}$) durch die Zunahme der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz und des Schlagvolumens grösser. Durch das gesteigerte Schlagvolumen, verringert sich die HF auf gleicher Leistungsstufe und somit der myokardiale Sauerstoffbedarf. Bei einem Patienten mit schlechter Myokardfunktion vergrössert sich jedoch nur die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz. (Mewis et al., 2006)

Die Myokardischämie wird bei gleicher Belastung verringert, wodurch auch die Angina pectoris zurück geht und die Perfusion sich verbessert. Die Ursache für diese trainingsinduzierte Verbesserung der Myokardperfusion ist noch nicht abschliessend geklärt. Auch ist nicht belegt, dass das Training beim Menschen einen positiven Effekt auf Koronarstenosen oder myokardiale Kollateralisierung hat. Das Training hat aber einen Einfluss auf den Stoffaustausch in den Alveolen. Körperliches Training zeigt eine Tendenz die kardiovaskuläre Mortalität zu verringern. Jedoch erhöht forciertes Training die Komplikationsrate eher. Allerdings konnten unter ärztlicher Präsenz während des Herzprogrammes 85% der Patienten bei einem Herzstillstand reanimiert werden. (Mewis et al., 2006)

Herzpatienten nehmen verschiedene Medikamente ein, auf welche in dieser Arbeit nicht eingegangen wird. Es erscheint den Autorinnen aber wichtig zu erwähnen, dass bei der Rehabilitation von Herzpatienten die Medikation Einfluss haben kann, so z.B. Beta-blocker, welche den Puls senken. (ZHAW Institut für Physiotherapie, 2010)

8.4 Kontraindikationen

Mewis et al. (2006) definieren folgende Kontraindikationen für die kardiologische Bewegungstherapie:

- Frischer Myokardinfarkt
- Angina pectoris bei Belastung < 50 Watt
- Herzinsuffizienz NYHA IV
- Kardiale Dekompensation
- Unkontrollierbare ventrikuläre Arrhythmien
- Neu aufgetretenes Vorhofflimmern
- Akute Myo- oder Perikarditis (Entzündung des Herzmuskels oder des Herzbeutels)
- Schwere Aortenstenose
- Wiederkehrendes oder kurz zurückliegendes embolisches Geschehen
- Schlecht eingestellte Hypertonie (Bluthochdruck)
- Akute Infektionskrankheiten oder Fieber.

8.5 Abbruchkriterien während der Belastung

Das ZHAW Institut für Physiotherapie (2010) nennt auf Seite 3 folgende Abbruchkriterien während einer Belastung:

- Plötzlich auftretende Herzrhythmusstörungen
- Auftretende Angina pectoris
- Blässe
- Starke Transpiration (Schwitzen)
- Dyspnoe
- Absinken oder sehr schneller Anstieg der HF
- Neigung zu Synkopen (Ohnmachtsanfälle) mit Blutdruckabfall.

8.6 Leistungsdiagnostik

Vor einem Ausdauertraining in der kardiologischen Rehabilitation sollte eine genaue Leistungsdiagnostik unter aktueller Medikation durchgeführt werden, welche optimalerweise zur selben Tageszeit wie das Training erfolgt. Es wurde festgestellt, dass KHK-Patienten ab einer Belastung von 70% der Maximalleistung mit einer Reduktion des Auswurfvolumens reagieren. Dies geht mit einem überproportionalen Anstieg der HF einher. Diese Erkenntnis ist bei der Dosierung in der kardiologischen Rehabilitation zu berücksichtigen. (Pokan et al., 2009)

Die Ergometrie (Laufband- oder Fahrradergometrie) ist eine mögliche Methode, um die körperliche Leistung quantitativ zu messen. Wird dazu ein EKG oder eine Blutdruckmessung durchgeführt, kann die Belastungsabhängigkeit kardiologischer Symptome

geprüft werden. Damit die Leistungsmessung valide ist, müssen standardisierte Protokolle verwendet werden. (Mewis et al., 2006)

8.7 Ausdauertrainingsgestaltung bei KHK-Patienten

Die Sportart wird anhand des Schweregrades der Erkrankung und eines spezifischen Befundes ausgewählt. Dabei ist das belastungsassoziierte Risiko (Myokardinfarkt oder plötzlicher Herztod) vom Schweregrad der Erkrankung und der Intensität der Belastung abhängig. (Mewis et al., 2006)

Da in den Studien das Ausdauertraining mittels eines Fahrradergometers stattgefunden hat, wird nachfolgend auf diese Ausdauertrainingsgestaltung eingegangen.

Zu Beginn sollte eine Anpassungsphase von wenigen Wochen durchgeführt werden. Dabei wird mit einem ausgedehnten Intervalltraining gestartet und die Belastungs- / Pausenintervalle individuell angepasst. (Mewis et al., 2006) In der Literatur werden Herzpatienten mit leichter systolischer Dysfunktion des linken Ventrikels, Belastungsphasen von je 60 Sekunden empfohlen. Dabei sollte mit einer Intensität von 60-70% der individuell maximalen HF getreten werden. Während der Erholungsphase sind 10-15 Watt zu treten. Herzinsuffiziente Patienten (NYAH Stadium II und III) können mit Arbeits- und Erholungsphasen von je 30 bzw. 60 Sekunden und einer Intensität von 50% der maximalen HF trainieren. (Meyer et al., 2004). Die Gesamtdauer einer Trainingseinheit sollte 20-40 Minuten betragen. Danach erfolgt eine Aufbauphase über Wochen bis Monate. Während dieser Phase soll die allgemeine Leistungsfähigkeit mittels langsamer, individuell dosierter Steigerung des Belastungsumfanges und der Belastungsintensität gesteigert werden. Zum Schluss trainieren die Patienten über Monate bis Jahre in der Stabilisierungsphase. Dabei ist das Ziel dieser Phase das Leistungsniveau erhalten oder ausbauen zu können. Bei stabilen Patienten soll das Training von einer betreuten in eine nicht-überwachte Trainingssituation überführt werden (z.B. Heimtraining). (Mewis et al., 2006)

Das Ziel ist die Durchführung eines Ausdauertrainings ohne Pause von 10-40 Minuten. Die optimale Intensität liegt bei 40-85% der $VO_{2\max}$, 70-85% der individuell maximalen HF oder Herzfrequenzvorgabe nach dem Laktatverhalten im Mehrstufentest. Auch kann bei Patienten mit Angina Pectoris, Ischämiezeichen beim Belastungs-EKG, relevanten Arrhythmien oder Belastungshypertonie die symptomorientierte Herzfrequenzobergrenze als Trainingsparameter gelten. (Mewis et al., 2006)

8.8 Dosierung

Um eine Leistungssteigerung zu erzielen, braucht es eine ausreichend hohe Belastung. Dadurch wird das innere Gleichgewicht ausgelenkt und der Organismus passt sich an. (Pokan et al., 2009; Van Duijn, 2009) Das heisst, es muss eine so grosse Belastung erfolgen, damit der Muskel ermüdet und anschliessend ein reaktives „stärker werden“ der Strukturen erreicht wird. (Van Duijn, 2009). Dafür ist eine ausreichende Erholung notwendig (Pokan et al., 2009; Van Duijn, 2009).

9 Zusammenfassung der Studien

In den folgenden Tabellen sind die sieben ausgewählten Studien zusammengefasst aufgeführt. Dabei sind sie nach Studiendesign geordnet. Die Studien führten das exzentrische Ausdauertraining auf einem speziell angefertigten motorisierten Fahrradergometer durch. Dabei mussten die Patienten die rückwärtsdrehenden Pedale bremsen, was exzentrische Muskelarbeit erfordert.

Tabelle 2 Zusammenfassung Studie Gremaux et al. (2009)

Does eccentric endurance training improve walking capacity in patients with coronary artery disease? A randomized controlled pilot study					
Gremeaux, V., Duclay, J., Deley, G., Philipp, J.L., Laroche, D., Pousson, M. & Casillas, J.M.					
Jahr	2009	Design	RCT	Bewertung	14/18
Ziel	Ziel dieses RCTs war es, herauszufinden, ob exzentrisches Ausdauertraining bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit einen funktionellen Effekt erzielt.				
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 14 (40 - 75 Jahre) nur Männer	stabile koronare Herzkrankheit innerhalb der ersten 6 Wochen nach akutem Koronarsyndrom mit operativer Herzkranzgefäß-erweiterung oder Koronararterien-Stenting.	<ul style="list-style-type: none">- zurückgebliebene Minderdurchblutung der Herzmuskulatur- instabile Angina Pectoris- chronische Herzinsuffizienz- Auswurfleistung des linken Ventrikels weniger als 45 %- schwerwiegende Herzklappenstörungen- pulmonale Hypertonie- chronische Ateminsuffizienz- Arterienprobleme der unteren Extremität- Niereninsuffizienz- schwerwiegende orthopädische Probleme der unteren Extremität- Diabetes mellitus		
Inter-vention	2 Gruppen: konzentrische und exzentrische Trainingsgruppe Trainingsperiode von 5 Wochen 1,5h Training 3x pro Woche Trainingsgestaltung <ul style="list-style-type: none">- Warm-up- 30 min Fahrradergometer<ul style="list-style-type: none">- exzentrische Gruppe: auf exzentrischen Fahrradergometer- konzentrische Gruppe: auf normalem Fahrradergometer- Intensität wurde je nach individueller anzustrebender HF und anhand der Schmerzen in den Beinen gesteigert. Im Eintrittstest wurde die Ventilationsschwelle und die zugehörige HF bestimmt und an diesem				

	<p>Wert die Trainingsherzfrequenz definiert.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 30 min Armvelo - 20 min individuell angepasstes Kraftcircuit - Cool-down <p>Sonstiges: Alle Patienten waren medikamentös optimal eingestellt.</p>
Mes- sungen	<p>Die folgenden Outcomemessungen wurden vor und nach der Intervention durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - funktionelle Tests: Gehtests <ul style="list-style-type: none"> - 6-min-Gehtest → Anzahl Meter - 200m so schnell wie möglich Gehen → Zeit - Allgemein wurde dabei gemessen: Blutdruck, HF, wahrgenommene Anstrengung sowohl des gesamten Körpers als auch der Beine und klinische Symptome wie Angina pectoris - Maximalkraft Knieextensoren auf der Leg press: Messung während der Bewegung von 90° Flexion in maximale Extension - Maximalkraft Plantarflexoren - Kardiorespiratorischer Test auf einem sich automatisch steigernden konzentrischen Fahrradergometer, dabei wurde Folgendes gemessen: Blutdruck, HF, Herzrhythmus, Atemfrequenz, respiratorischer Quotient, VO₂, wahrgenommene Anstrengung sowohl des gesamten Körpers als auch der Beine, CO₂-Produktion, aerobe Ventilationsschwelle und maximale Tretleistung. <p>Während der Intervention wurde das Ausmass des Muskelkaters und der muskulären Beschwerden auf einer VAS (visual analogue scale) gemessen.</p>
Limita- tionen	<p>Die Trainingsperiode von 5 Wochen war eher kurz. Auch limitierte das kleine Sample von 15 Patienten ohne Frauen die Aussage der Studie. Aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien wurden verhältnismässig gute Patienten ausgewählt.</p> <p>Die Dosierung des Trainings wurde nicht begründet und die Trainingsherzfrequenz nicht in Zahlen erläutert. Dadurch lässt sich die Studie schlecht nachvollziehen und auch nicht in die Praxis umsetzen. Der Kraftcircuit wurde nicht genau erläutert.</p> <p>Es wurde für die Nachhaltigkeit der Trainingsmethode kein follow up gemacht.</p>

Tabelle 3 Zusammenfassung Studie LaStayo et al. (2000)

Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities					
LaStayo, P.C., Pierotti, D.J., Pifer, J., Hoppeler, H. & Lindstedt, S.L.					
Jahr	2000	Design	RCT	Bewertung	10/18
Ziel	Ziel In dieser Studie wollten die Autoren herausfinden, ob mit exzentrischem Ausdauertraining die Grösse und Kraft eines Muskels verbessert werden kann, wenn die Trainingsintensität anhand der VO ₂ so tief gewählt wird, dass bei konzentrischem Training keine strukturellen und funktionellen Anpassungen geschehen würden.				
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 14 (19 – 38 Jahre) Männer; ein Proband der konzentrischen Gruppe schied aus	Gesunde Probanden			
Inter- vention	Die Probanden wurden in 2 Gruppen eingeteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass die durchschnittliche maximale VO ₂ in beiden Gruppen gleich war. Die beiden Gruppen wurden anschliessend entweder zum konzentrischen oder zum exzentrischen Training auf dem Fahrradergometer randomisiert. Vor der Intervention wurde bei jedem Proband die maximale VO ₂ auf einem konzentrischen Fahrradergometer gemessen und die HF während der maximalen VO ₂ ermittelt und als maximale HF definiert. Intervention - Trainingsperiode: 8 Wochen - Es wurde wie folgt trainiert: 1. Woche: 2x wöchentlich, 15 min 2. und 3. Woche: 3x wöchentlich, 25 bis 30 min 4. Woche: 4x wöchentlich, 30 min 5. und 6. Woche: 5x wöchentlich, 30 min 7. und 8. Woche: 3x wöchentlich, 30 min (weil sich die exzentrische Gruppe über Ermüdung beklagte, musste die Trainingsfrequenz wieder reduziert werden) Die Umdrehungszahl wurde in der Woche 5 von beginnenden 50 Umdrehungen pro min auf 70 Umdrehungen erhöht. - Trainingsgestaltung: Die konzentrische Gruppe trainierte auf einem normalen Fahrradergometer und die exzentrische Gruppe auf einem exzentrischen				

	<p>Fahrradergometer.</p> <p>- Trainingsintensität: Beide Gruppen trainierten bei gleicher Trainingsintensität, das heisst beim gleichen Prozentsatz der individuell maximalen HF. Die HF wurde bei allen Probanden während des Trainings gemessen. Während den 8 Wochen wurde die Intensität von anfänglich 54% auf 65% der maximalen HF gesteigert.</p>
Messungen	<p>Messungen</p> <p>Vor und nach der Intervention:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maximale VO_2 - maximale HF - respiratorischer Quotient - Muskelfaserstruktur - Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser - isometrische Kraft der Knieextensoren rechts und links bei 45° Knieflexion <p>während des Trainings:</p> <ul style="list-style-type: none"> - VO_2 - HF - Tretleistung (Watt) - subjektive Ermüdung des Körpers und der Beine mittels Borg Skala (6-20) - Schmerzen in den Beinen mittels VAS - isometrische Kraft der linken Knieextensoren (1x/Woche) bei 45° Knieflexion
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> - Willentliche Einteilung der Probanden auf die Trainingsgruppen. - Kleines Sample von 14 Probanden - Das Einschlusskriterium „Gesunde Probanden“ ist sehr weit gefasst. - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar - Kein follow up → Nachhaltigkeit?

Tabelle 4 Zusammenfassung Studie LaStayo et al. (1999)

Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen					
LaStayo, P.C., Reich, T.E., Urquhart, M., Hoppeler, H. & Lindstedt S.L.					
Jahr	1999	Design	RCT	Bewertung	11/18
Ziel	Ziel dieser Studie war es, zwei Fragen zu beantworten. 1. Kann exzentrisches Ausdauertraining die lokomotorische Muskelkraft verbessern ohne Muskelverletzungen zu verursachen? 2. Ist es möglich mit exzentrischem Training auf einem niedrigen Energielevel Kraftsteigerung zu erlangen, welches bei konzentrischem Training keinen Effekt hätte?				
Sample	N	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 9 (18 – 34 Jahre) Männer und Frauen	Gesunde Probanden	-		
Inter-vention	<ul style="list-style-type: none">- 2 Gruppen: konzentrische und exzentrische Trainingsgruppe- Trainingsperiode von 6 Wochen- Trainingsgestaltung: Das Ausdauertraining wurde von der konzentrischen Gruppe auf einem normalen Fahrradergometer und von der exzentrischen Gruppe auf einem exzentrischen Fahrradergometer durchgeführt.- Trainingsintensität: Dabei wurden die Trainingsfrequenz und -dauer wie folgt progressiv erhöht:<ul style="list-style-type: none">1. Woche: 2x wöchentlich, 10-20 min2. Woche: 3x wöchentlich, 30 min3. bis 6. Woche: 5x wöchentlich, 30 minIn den ersten 4 Wochen begannen die exzentrisch trainierenden Probanden mit einer dreifach höheren Arbeitsleistung als die konzentrische Gruppe. Während der 5. Woche wurde die Arbeitsleistung angepasst, um einen Ausgleich der VO₂ zwischen den Gruppen zu erreichen.				
Mes-sungen	<p>Vor und nach der Trainingsperiode sowie wöchentlich:</p> <ul style="list-style-type: none">- Die maximale willkürliche isometrisch erzeugte Kraft der Knieextensoren <p>Während des Trainings:</p> <ul style="list-style-type: none">- VO₂ (4. - 6. Woche 1x wöchentlich) <p>Vor und nach jedem Training und vor und nach der Trainingsperiode:</p> <ul style="list-style-type: none">- Muskelkater der unteren Extremität, anhand der VAS- subjektiv wahrgenommene Anstrengung wurde von jedem Teilnehmer,				

	anhand der Borg Skala (6-20) für den Körper allgemein und die untere Extremität spezifisch bewertet.
Limitationen	<ul style="list-style-type: none">- Das Einschlusskriterium „Gesunde Probanden“ ist sehr weit gefasst.- Heterogene Gruppen □ Gruppeneffekt ist nicht so deutlich, da der Grundumsatz bei Männern und Frauen verschieden ist.- Die Gruppen waren einander nicht ähnlich.- Kleines Sample von 9 Personen.- Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar- Kein follow up → Nachhaltigkeit?

Tabelle 5 Zusammenfassung Studie Meyer et al. (2003)

Eccentric Exercise in Coronary Patients: Central Hemodynamic and Metabolic Responses					
Meyer, K., Steiner, R., LaStayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Sander, H. & Hoppeler, H.					
Jahr	2003	Design	RCT	Bewertung	13/18
Ziel	Ziel dieser Studie war es, die zentralen hämodynamischen und metabolischen Reaktionen von Herzpatienten während des exzentrischen Ausdauertrainings mit der herkömmlichen konzentrischen Ergometrie zu vergleichen und zu bewerten.				
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 13 (40 – 66 Jahre) Männer	Koronare Herzkrankheit - 5 pro Gruppe hatten einen Herzinfarkt - insgesamt hatten 9 eine Herzkranzgefäß-erweiterung und 3 eine By-Pass-Operation - die Probanden hatten eine wiedererlangte und/oder leicht reduzierte Funktion des linken Ventrikels	- Angina pectoris - Belastungsischämien - Vorhofflimmern - Signifikante Rhythmusstörungen der Ventrikel - Obstruktive oder restriktive Lungenprobleme - Signifikante periphere vaskuläre Krankheiten - Orthopädische oder neurologische Probleme, welche das Ausführen der Übungen behindern könnten		
Inter-vention	- 2 Gruppen: konzentrische und exzentrische Trainingsgruppe - Trainingsperiode von 8 Wochen - 30 Min Training 3x pro Woche - Trainingsgestaltung: Das Ausdauertraining wurde auf einem Standardfahrradergometer in der konzentrischen und auf einem exzentrischen Fahrradergometer in der exzentrischen Gruppe durchgeführt. Das Ausdauertraining war in ein Standard Rehabilitationsprogramm integriert. So führten beide Gruppen zusätzlich leichte Gymnastik, Stretching- und Entspannungsübungen durch. - Trainingsintensität: es wurde bis Woche 5 auf ca. 60% der maximalen VO ₂ und/oder 85% der maximalen HF gesteigert. Danach blieb die Trainingsintensität für die restlichen 3 Wochen gleich. Sonstiges: - Alle Patienten waren medikamentös optimal eingestellt.				
Mes-sungen	Anfangs und in der 8. Woche: - Messen der Funktion des linken Ventrikels (Echokardiographie (EKG) in				

	<p>RL)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messen der Veränderungen der kardiopulmonalen Belastbarkeit: maximale Leistung und VO_2 (Test auf einem konzentrischen Fahrradergometer) <p>Ende 5. Woche:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messung der zentralen Hämodynamik (mittels Rechtsherzkatheter) während eines 20-minütigen exzentrischen oder konzentrischen Trainings (bei 60% der maximalen VO_2 und/oder 85% der maximalen HF). - Messen des zentralen Venendrucks (Blutdruck im rechten Vorhof), des pulmonalen Kapillardrucks, der Sauerstoffsättigung der Arteria pulmonalis, der arteriellen Sauerstoffsättigung, des systemisch arteriellen Blutdrucks, der HF und der Laktatkonzentration im Blut. <p>Daraus wurde die arteriovenöse Sauerstoff-Differenz, der Schlagvolumenindex, das Herzzeitvolumen, der Herzindex, der periphere Gesamtgefäßwiderstand und die linksventrikuläre Schlagarbeit errechnet.</p>
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund des ungenügenden Wissens bezüglich der hämodynamischen Reaktionen auf exzentrisches Ausdauertraining bei KHK-Patienten, wurden nur Patienten mit minimalen Dysfunktionen des linken Ventrikels ins Sample eingeschlossen. - Kleines Sample von 13 Patienten - Unklar, ob gleiches Sample getestet wurde, wie bei Steiner et al. (2003), da die Ergebnisse leicht differieren. - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Aus Sicherheitsgründen wurde nach der fünften Woche die Intensitätssteigerung gestoppt. - Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar - Kein follow up → Nachhaltigkeit?

Tabelle 6 Zusammenfassung Studie Steiner et al. (2003)

Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: a novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation?					
Steiner, R., Meyer, K., Lippuner, K., Schmid, J.-P., Saner, H. & Hoppeler, H.					
Jahr	2003	Design	RCT	Bewertung	13/18
Ziel	Das Ziel dieser Studie war, strukturelle und funktionelle Anpassungen aufgrund von exzentrischem Ausdauertraining bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit zu untersuchen.				
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 13 (42 – 60 Jahre) Männer; eine Person schied aus	Koronare Herzkrankheit - 5 pro Gruppe hatten einen Herzinfarkt - insgesamt hatten 9 eine Herzkranzgefäß-erweiterung und 3 eine By-Pass-Operation die Probanden hatten eine wiedererlangte und/oder leicht reduzierte Funktion des linken Ventrikels	<ul style="list-style-type: none">- Angina pectoris- Belastungsischämien- Vorhofflimmern- Signifikante Rhythmusstörungen der Ventrikel- Obstruktive oder restriktive Lungenprobleme- Signifikante periphere vaskuläre Krankheiten- Orthopädische oder neurologische Probleme, welche das Ausführen der Übungen behindern könnten		
Inter-vention	<ul style="list-style-type: none">- 2 Gruppen: konzentrische und exzentrische Trainingsgruppe- Trainingsperiode von 8 Wochen- 30 min Training 3x pro Woche- Trainingsgestaltung: Das Ausdauertraining wurde auf einem Standardfahrradergometer in der konzentrischen und auf einem exzentrischen Fahrradergometer in der exzentrischen Gruppe durchgeführt. Das Ausdauertraining war in ein Standard Rehabilitationsprogramm integriert. So führten beide Gruppen zusätzlich leichte Gymnastik, Stretching- und Entspannungsübungen durch- Trainingsintensität: es wurde bis Woche 5 auf ca. 60% der maximalen VO₂ und/oder 85% der maximalen HF gesteigert. Danach blieb die Trainingsintensität für die restlichen 3 Wochen gleich. Sonstiges: <ul style="list-style-type: none">- Alle Patienten waren medikamentös optimal eingestellt.				
Mes-sungen	zu Beginn - BMI vor und nach der Intervention				

	<ul style="list-style-type: none"> - Körperbau → Fettmasse, Körpermasse ohne Fettanteil, Mineralgehalt der Knochenmasse und Muskelmasse der Beine - Muskelkraft der Knie-Extensoren → isometrisch (bei 60° Knieflexion), dynamisch konzentrisch und dynamisch exzentrisch (im ROM 15° - 100° Knieflexion, während zwei verschiedenen Geschwindigkeiten) - Muskelfaseranalyse mit einer Biopsie des rechten M. vastus lateralis → Muskelfaserquerschnitt, Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser, Dichte der Mitochondrien, Dichte der subsakrolemmalen Mitochondrien, Dichte der interfibrillären Mitochondrien, Dichte der Fetttröpfchen, prozentualer Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser <p>Während dem Training alle 5 min</p> <ul style="list-style-type: none"> - subjektive Anstrengung → Dyspnoe und Ermüdung der Beine anhand Borg-Skala (6-20)
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> - Kleines Sample von 12 Personen - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Unklar, ob gleiches Sample wie bei Meyer et al. (2003) getestet wurde, da die Ergebnisse leicht differieren. - Steigerung der Trainingsintensität nur über die ersten 5 Wochen, dadurch eine relativ geringe und konstante Arbeitsbelastung in den letzten 3 Wochen. - Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar - Kein follow up → Nachhaltigkeit?

Tabelle 7 Zusammenfassung Studie Chung et al. (1999)

Cardiopulmonary Responses of Middle-Aged Men Without Cardiopulmonary Disease to Steady-Rate Positive and Negative Work Performed on a Cycle Ergometer					
Chung, F., Dean, E. & Ross, J.					
Jahr	1999	Design	Fallstudie	Bewertung	9/15
Ziel	Ziel Ziel dieser Studie war es, die physiologischen Reaktionen von Männern im mittleren Alter auf exzentrische und konzentrische Arbeit mittels eines Fahrradergometers bei verschiedenen Umdrehungsfrequenzen zu vergleichen.				
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien		
	n = 12 (39 – 65 Jahre) Männer	Gesunde Probanden	- kardiopulmonale Krankheit - Teilnahme bei einem offiziellen Trainingsprogramm		
Inter- vention	Keine Interventionen				
Mes- sungen	<p>Jeder Proband wurde 6x getestet. Davon 3x während konzentrischer und 3x während exzentrischer Ausdauerbelastung auf einem motorisierten Fahrradergometer. Die verschiedenen Tests wurden jeweils bei einer Intensität von 60 Watt durchgeführt. Die Umdrehfrequenz der Pedale (35, 55 oder 75 Umdrehungen pro Minute) wechselte jedoch. Die Teilnehmer wurden in 2 Gruppen randomisiert. Dabei wurden am ersten Testtag bei der einen Gruppe die physiologischen Reaktionen auf exzentrische Belastung und bei der anderen Gruppe die Reaktionen auf konzentrische Belastung ermittelt. Beim zweiten Testtag, eine Woche später, umgekehrt.</p> <p>Vorbereitung Alle Testpersonen absolvierten 2 bis 3 Übungslektionen, um die Koordination des exzentrischen und konzentrischen Bewegungsablaufes auf dem Fahrrad zu erlernen.</p> <p>Testung Nach einem 2-minütigen Aufwärmen, indem die Beine der Probanden passiv durch den Motor bewegt wurden, mussten die Testpersonen die vorgegebene Tretfrequenz und Intensität übernehmen. Bevor der Test bei dieser Tretkadenz endete, wurden Messungen während 5-7 min gemacht. Danach gab es ein cool down, wobei der Motor wieder die Beine bewegte. Nach 30 min wurde ein weiterer Test bei einer anderen Tretfrequenz gestartet.</p>				

	<p>Messungen</p> <p>Vor jedem Testtag:</p> <ul style="list-style-type: none">- Grösse und Gewicht der Probanden → BMI errechnet- Lungenfunktionsprüfung, um Lungendysfunktionen auszuschliessen <p>Vor dem Test: 8 min Ausruhen</p> <ul style="list-style-type: none">- metabolische Messungen <p>Während des Tests alle 15 Sekunden</p> <ul style="list-style-type: none">- VO_2- Atemzeitvolumen- Atemzugvolumen- Atemfrequenz <p>Während des Tests jede Minute</p> <ul style="list-style-type: none">- Dyspnoe auf der Borg Skala- Blutdruck <p>Während des Tests kontinuierlich</p> <ul style="list-style-type: none">- HF- Herzrhythmus- Sauerstoffsättigung
Limitationen	<ul style="list-style-type: none">- Messungen wurden bei nur 60 Watt gemacht.- Kleines Sample von 12 Teilnehmer- Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert.- Die Dosierung des Tests wurde nicht begründet.- Aus der Studie wird nicht klar, wie lange ein Test pro Tretkadenz dauerte.

Tabelle 8 Zusammenfassung Studie Dufour et al. (2004)

Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments				
Dufour, S.P., Lampert, E., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Billat, V.L., Piquard, F. & Richard, R.				
Jahr	2004	Design	Fallstudie	Bewertung 9/15
Ziel	Die Autoren dieser Studie wollten Kreislaufanpassungen bezüglich VO ₂ und HF während exzentrischer Belastung auf dem Fahrradergometer beschreiben.			
Sample	n	Diagnose	Ausschlusskriterien	
	n = 8 (22 - 42 Jahre) Männer	Gesunde Probanden	<ul style="list-style-type: none">- Einnahme von Medikamenten- Beschwerden der Muskeln, Sehnen oder Gelenke	
Inter-vention	Keine Intervention			
Mes-sungen	Die Testung wurde auf einem speziellen motorisierten Fahrradergometer durchgeführt. Das Studienprotokoll sah für jeden Probanden 2 Testungen vor, wobei als erstes konzentrisch und dann exzentrisch bei 80 Umdrehungen pro Minute auf dem Fahrradergometer getreten werden musste.			
	Vorbereitung			
	Alle Studienteilnehmer mussten sich während 2 Wochen vor dem Studienbeginn in 3 bis 4 Lernstunden die Koordination des exzentrischen Fahrradfahrens aneignen. Durch diese Angewöhnungsphase sollten Probleme der Muskulatur, Sehnen oder Gelenke vermieden werden. In jeder Lernstunde wurde die Intensität von anfänglichen 100 Watt auf 200 Watt gesteigert.			
	Testung			
	Messungen in Ruhe während 10-minütigem Sitzen auf dem Fahrradergometer.			
	Die konzentrische Muskelarbeit mit beginnender Arbeitsbelastung bei 50 Watt wurde alle 3 min um 50 Watt gesteigert, bis der Proband seine maximale Leistungsfähigkeit erreichte.			
	Im anschliessenden exzentrischen Test wurde die Arbeitsbelastung auf die gleiche Weise gesteigert. Die Studie hatte zum Ziel, Kreislaufreaktionen von konzentrischer und exzentrischer Ausdauerbelastung bei identischer mechanischer Intensität zu messen. Deshalb wurden die Daten während dem exzentrischen Test nicht über der konzentrischen maximalen Arbeitsleistung durchgeführt.			
	Messungen			

	<p>Kontinuierlich:</p> <ul style="list-style-type: none">- VO_2- Abatmung von CO_2,- HF- Schlagvolumen- Herzzeitvolumen- arteriovenöse Sauerstoffdifferenz <p>Vor und nach dem Test:</p> <ul style="list-style-type: none">- Laktatkonzentration im Blutplasma
Limitationen	<ul style="list-style-type: none">- Beide Messungen wurden am selben Tag durchgeführt → Ermüdung?- Kleines Sample von 8 Teilnehmer- Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert.- Dosierung des Tests wurde nicht begründet.

10 Ergebnisse aus wissenschaftlicher Literatur

Nachfolgend werden die verschiedenen Ergebnisse der ausgewählten Studien dargestellt. Die Autorinnen der vorliegenden Arbeit gehen dabei auf die Tretleistung, die VO_2 , die HF und die subjektive Anstrengung ein. Ebenfalls werden Ergebnisse bezüglich des Muskelskaters und muskulären Beschwerden, der Kraft, der Gehtests, der Muskelfaserstruktur sowie der Blutlaktatwerte beleuchtet.

10.1 Tretleistung

In den Studien von LaStayo, Pierotti, Pifer, Hoppeler & Lindstedt (2000), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) wurde anhand eines prozentualen Anteils der maximalen HF die Trainingsintensität kontinuierlich gesteigert. Am Ende der Trainingsperiode trainierten die Probanden von LaStayo et al. (2000) in der konzentrischen Trainingsgruppe auf dem konzentrischen Fahrradergometer bei 128 Watt und die exzentrische Interventionsgruppe auf dem speziellen exzentrischen Fahrradergometer bei 489 Watt. Die HF der Probanden betrug dabei 65% der individuell maximalen HF. Die teilnehmenden Patienten der Studie von Meyer et al. (2003) trainierten am Ende der letzten Trainingswoche bei 75% der individuell maximalen HF. Während der Trainingsperiode generierten die Probanden der exzentrischen Gruppe im Durchschnitt eine viermal grössere Leistung. Die konzentrische Gruppe trainierte bei durchschnittlich 97 Watt, die exzentrische bei 357 Watt. Die Teilnehmer der Studie von Steiner et al. (2003) trainierten am Ende der Trainingsperiode in der konzentrischen Gruppe ebenfalls bei 97 Watt und in der exzentrischen Interventionsgruppe bei 338 Watt. Die HF betrug dabei 76% der individuell maximalen HF.

Die Studien von Dufour et al. (2004) und LaStayo, Reich, Urquhart, Hoppeler & Lindstedt (1999) massen die Tretleistung von gesunden Probanden bei gleichem metabolischem Verbrauch in beiden Gruppen, das heisst bei 1 Liter VO_2 pro Minute. Dabei konnten die Probanden bei Dufour et al. (2004) auf einem konzentrischen Fahrradergometer eine Leistung von 50 Watt und auf dem exzentrischen Fahrradergometer eine Leistung von 256 Watt erzeugen. In der Studie von LaStayo et al. (1999) trainierte die konzentrische Gruppe auf dem konzentrischen Fahrradergometer bei ca. 70 Watt und die exzentrische auf ihrem Fahrradergometer bei 450 Watt. Die Leistung der exzentrischen Trainingsgruppe war also siebenmal grösser als die der konzentrischen Gruppe.

Bei Gremeaux et al. (2009) und bei Meyer et al. (2003) wurde vor und nach der Intervention die maximale Leistung von Probanden mit einer koronaren Herzkrankheit auf einem konzentrischen Fahrradergometer getestet. Dabei betrug bei Gremeaux et al.

(2009) die maximale Leistung in der konzentrischen Kontrollgruppe vor der Intervention 130 Watt und nach der Intervention 170 Watt. Die maximale Leistung der exzentrisch trainierenden Interventionsgruppe lag vor der Trainingsperiode bei 125,7 Watt und danach bei 150 Watt. In beiden Gruppen musste während des Tests eine Umdrehfrequenz von 60 Umdrehungen pro Minute eingehalten werden. In dieser Studie ist in beiden Gruppen ein signifikanter Trainingseffekt ($p < 0.01$) zu vermerken. In der Studie von Meyer et al. (2003) betrug die maximale Leistung der konzentrischen Gruppe vor der Intervention 170 Watt, nachher 185 Watt. In der exzentrischen Gruppe war die maximale Leistung vor der Trainingsperiode bei 190 Watt und danach bei 205 Watt. In der Studie von Meyer et al. (2003) ist die maximale Leistung in beiden Gruppen ebenfalls signifikant ($p < 0.05$) gestiegen.

10.2 Sauerstoffaufnahme (VO_2)

Aus den Studien von Chung, Dean & Ross (1999), Dufour et al. (2004), LaStayo et al. (1999) und Meyer et al. (2004) resultierte, dass die VO_2 während exzentrischem Fahrradfahren geringer ist als während konzentrischem. So ergab die Studie von Chung et al. (1999) eine signifikant geringere VO_2 während der exzentrischen Belastung ($p < 0.001$). Dabei leisteten die gesunden Probanden während der exzentrischen und konzentrischen Arbeit eine Tretarbeit von je 60 Watt. Die gesunden Studienteilnehmer von Dufour et al. (2004) hatten bei konstanter Muskelarbeitsintensität von 287 Watt auf dem exzentrischen Fahrradergometer eine signifikant geringere VO_2 ($p < 0.001$)¹. In der Studie von LaStayo et al. (1999) trainierten die gesunden Probanden der exzentrischen Trainingsgruppe in der sechsten Trainingswoche bei einer siebenfach höheren Leistung als die konzentrische Kontrollgruppe. Dabei war die VO_2 in der exzentrischen Gruppe geringer oder gleich wie in der konzentrischen. Die Studie von Meyer et al. (2003) besagt, dass die exzentrische Gruppe bei einer relativ gleichen HF, eine viermal grössere Leistung erzielte als die konzentrische Gruppe, wobei die VO_2 signifikant geringer war ($p < 0.05$).

Die Studien von Gremeaux et al. (2009), LaStayo et al. (2000) und Meyer et al. (2003) massen den Trainingseffekt des exzentrischen und konzentrischen Ausdauertrainings auf einem konventionellen konzentrischen Fahrradergometer anhand der VO_2 . Gremeaux et al. (2009) konnten einen signifikanten Trainingseffekt ($p < 0.01$) bezüglich der symptomlimitierten VO_2 in beiden Patientengruppen aufzeigen, wobei die Testung bei 60 Umdrehungen pro Minute stattfand. Die Intensität steigerte sich jede Minute um 10 Watt. Die konzentrische Kontrollgruppe hatte vor der Intervention eine VO_2 von 26,4 ml/kg/min

¹ genauer: konzentrisch 53,7 ml/kg/min, exzentrisch 19,1 ml/kg/min

bei einer Arbeitsbelastung von 130 Watt und danach eine VO_2 von 27,6 ml/kg/min bei 170 Watt. Die exzentrische Interventionsgruppe wies vor der Trainingsperiode eine VO_2 von 24,8 ml/kg/min bei 125,7 Watt auf und nach der Trainingsperiode eine VO_2 von 28,3 ml/kg/min bei 150 Watt. Die exzentrische Gruppe zeigte also eine Tendenz zu grösseren Fortschritten bezüglich der VO_2 . Die Resultate von LaStayo et al. (2000) stellten keine Verbesserungen bezüglich der maximalen VO_2 und ebenso keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Probandengruppen dar. Vor der Intervention lagen die Werte der konzentrischen Gruppe durchschnittlich bei 52,2 ml/kg/min und die der exzentrischen bei 51,4 ml/kg/min. Nach der Intervention war die maximale VO_2 der konzentrischen Gruppe bei 46,9 ml/kg/min und derjenige der exzentrischen Gruppe bei 45,5 ml/kg/min. In der Studie von Meyer et al. (2003) stieg nach der achtwöchigen Trainingsperiode nur in der exzentrischen Patientengruppe die VO_2 signifikant an ($p < 0.05$)².

Die Studie von Chung et al. (1999) untersuchte die Reaktionen der VO_2 bei verschiedenen Pedalfrequenzen. Dabei wurde während 35, 55 und 75 Umdrehungen pro Minute gemessen. Aus den Ergebnissen lässt sich schliessen, dass die Pedalfrequenz einen signifikanten Einfluss auf die VO_2 hat ($p = 0.002$). Dabei stieg bei den Probanden während der konzentrischen Messung die VO_2 linear mit der Pedalfrequenz an (signifikant bei $P < 0.01$). In der Messung während des exzentrischen Fahrradfahrens war die VO_2 während 55 Umdrehungen pro Minute am tiefsten ($p < 0.01$) und während 35 und 75 Umdrehungen war die VO_2 beinahe gleich hoch. Bei den exzentrischen Messergebnissen war die Streuung grösser als bei den konzentrischen.

10.3 Herzfrequenz (HF)

Chung et al. (1999) besagen, dass die Pedalfrequenz einen signifikanten Einfluss auf die HF hat ($p = 0.003$). Dabei ist sie bei exzentrischer Ausdauerbelastung signifikant geringer als bei der konzentrischen ($p < 0.001$). Des Weiteren nahm während der konzentrischen Belastung die HF linear mit der Tretfrequenz zu ($p < 0.05$). In der exzentrischen Muskelarbeit hingegen, war die HF wie bereits die VO_2 bei 55 Umdrehungen pro Minute am geringsten³.

In der Studie von Dufour et al. (2004) wurde bei einer Leistung von 287 Watt sowohl auf dem konzentrischen wie auf dem exzentrischen Fahrradergometer die HF gemessen.

² genauer: VO_2 konzentrisch: vor 28 ml/kg/min, nach 30 ml/kg/min, exzentrisch: vor 31 ml/kg/min, nach 34 ml/kg/min

³ genauer: konzentrisch bei 35: 93 Schläge/min, 55: 95 Schläge/min, 75: 99,2 Schläge/min, exzentrisch bei 35: 82,5 Schläge/min, 55: 77,8 Schläge/min, 75: 85,1 Schläge/min

Dabei war während der exzentrischen Ausdauerbelastung die HF signifikant kleiner ($p < 0.001$)⁴. Die HF war allerdings bei gleicher VO_2 von 1 Liter pro Minute während der exzentrischen Messung signifikant höher, was bei gleich bleibendem Schlagvolumen zu einem signifikant grösseren Herzzeitvolumen führt ($p < 0.001$)⁵. Weiter fanden Dufour et al. (2004) heraus, dass die Reaktionen der HF bei gesunden Teilnehmer, auf die exzentrische Ausdauerbelastung, sehr verschieden sind.

LaStayo et al. (2000) untersuchten die maximale HF während eines Tests auf einem konzentrischen Fahrradergometer. Dabei wurde die Intensität alle drei Minuten um 60 Watt gesteigert, während die Pedalfrequenz konstant bei 60 Umdrehungen pro Minute gehalten werden musste. Zwischen den beiden Probandengruppen gab es vor und nach der Trainingsperiode keinen signifikanten Unterschied bezüglich der maximalen HF⁶.

10.4 Subjektive Anstrengung

Die subjektiv wahrgenommene Anstrengung fiel in den Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen aus. In Gremeaux et al. (2009) war nach den Tests die wahrgenommene Anstrengung sowohl des gesamten Körpers als auch der Beine nie über den Wert 15 auf der Borg-Skala angestiegen. Bei Meyer et al. (2003) war die subjektive Anstrengung in den beiden Gruppen signifikant nicht unterschiedlich. Während den Trainings lag in der konzentrischen Gruppe der Wert auf der Borg-Skala durchschnittlich bei 10,0 und bei der exzentrischen bei 9,2. Die Studie von LaStayo et al. (2000) ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen bezüglich der subjektiven Ermüdung des gesamten Körpers. Jedoch war die subjektive Anstrengung der Beine in der exzentrischen Gruppe signifikant grösser ($p = 0.001$). LaStayo et al. (1999) verzeichneten während der ersten Trainingswoche in der exzentrischen Trainingsgruppe einen höheren Wert auf der Borg-Skala bezüglich der eingeschätzten Ermüdung der Beine. Danach wurde zwischen den Gruppen keine Differenz mehr verzeichnet. In der Studie von Steiner et al. (2003) überstieg die subjektive Anstrengung (dazu zählen Dyspnoe und Ermüdung der Beine) nie den Wert 11 auf der Borg-Skala. Dabei lag der Wert für Dyspnoe in der konzentrischen Gruppe eher höher als der Wert der Ermüdung der Beine. In der exzentrischen Gruppe waren die Werte tendenziell umgekehrt. In der Studie von **Chung** et al. (1999) stieg der

⁴ genauer: konzentrisch 180 Schläge/min, exzentrisch 120 Schläge/min

⁵ genauer: konzentrisch 95 Schläge/min, exzentrisch 110 Schläge/min

⁶ genauer: konzentrisch vor: 202 Schläge/min, nach 201 Schläge/min, exzentrisch vor: 206 Schläge/min, nach 203 Schläge/min

Wert „Dyspnoe“ auf der Borg-Skala während der Testung um jeweils einen Punkt an, unabhängig von der Umdrehfrequenz oder der muskulären Arbeit.

10.5 Muskelkater und muskuläre Beschwerden

In den Studien von LaStayo et al. (2000) und LaStayo et al. (1999) wurde bei den gesunden Probanden der exzentrischen Trainingsgruppe in den ersten Wochen Muskelkater der Beinmuskulatur verzeichnet. Dabei gaben die Probanden der exzentrischen Gruppe von LaStayo et al. (2000) in den ersten vier bis fünf Wochen leichten Muskelkater an, der Unterschied zwischen der exzentrischen und konzentrischen Gruppe war signifikant ($p=0.001$). Bei LaStayo et al. (1999) wurde in der exzentrischen Gruppe in den ersten zwei bis drei Trainingswochen Muskelkater verzeichnet. Nach der dritten Woche waren bei allen Teilnehmern keine muskulären Beschwerden der unteren Extremität mehr vorhanden. Chung et al. (1999), Dufour et al. (2004), Meyer et al. (2003) und Gremeaux et al. (2009) registrierten weder einen signifikanten Muskelkater noch andere muskuläre Beschwerden. Dies war sowohl in der konzentrischen als auch in der exzentrischen Trainingsgruppe der Fall.

10.6 Kraft-/Gehtests

In den Studien von LaStayo et al. (2000), LaStayo et al. (1999) und Steiner et al. (2003) zeigten die konzentrischen Trainingsgruppen keinen signifikanten Trainingseffekt bezüglich der maximalen isometrischen Kontraktion der Knieextensoren. Hingegen zeigten alle exzentrischen Gruppen eine signifikante Zunahme der maximalen isometrischen Kontraktion der Knieextensoren. LaStayo et al. (2000) zeigt zehn Tage nach der Intervention in den linken Knieextensoren einen Kraftzuwachs von 46% und in den rechten Knieextensoren eine Verbesserung um 26% ($p=0.01$). In der Studie von LaStayo et al. (1999) ist die isometrische Maximalkraft der exzentrischen Gruppe zwei bis drei Tage nach der sechswöchigen Intervention um 27% signifikant gestiegen ($p<0.05$). In beiden Probandengruppen wurden signifikante Unterschiede bezüglich der isometrischen Maximalkraft der Knieextensoren innerhalb der Gruppe gefunden ($p<0.05$). Die Probanden der exzentrischen Gruppe von Steiner et al. (2003) zeigten einen statistisch signifikanten Kraftzuwachs der isometrischen Maximalkraft um 4,9% ($p<0.05$). Bei einer langsamen Geschwindigkeit verbesserte sich die dynamisch konzentrische Maximalkraft um 3,2% ($p<0.01$), bei einer schnellen Geschwindigkeit um 2,5% ($p<0.05$). Die dynamisch exzentrische Maximalkraft verbesserte sich auch, jedoch statistisch nicht signifikant.

Die Studie von Gremeaux et al. (2009) zeigt in beiden Patientengruppen einen signifikanten Zuwachs der isometrischen Maximalkraft der Knieextensoren und Plantarflexoren ($p < 0.01$). Dabei lag der Wert der Knieextensoren in der konzentrischen Gruppe vor der Intervention bei 654 Newton und nach der Intervention bei 740 Newton. Die exzentrische Gruppe konnte vor der Trainingsperiode eine Kraft von 746 Newton und nach der Trainingsperiode 798 Newton erzeugen. Die isometrischen Maximalkraftwerte für die Plantarflexoren sieht wie folgt aus: die konzentrische Gruppe erreichte vor der Intervention 118 Newton und nach der Intervention 126 Newton. Die exzentrische Gruppe erzeugte vor der Intervention eine Kraft von 109 Newton und nach der Intervention eine Kraft von 127 Newton. Beide Trainingsgruppen zeigten dabei eine signifikante Kraftzunahme. In der exzentrischen Gruppe wurde eine grössere Kraftverbesserung der Plantarflexoren verzeichnet, wobei der Zwischengruppeneffekt signifikant ist ($p < 0.05$).

Gremeaux et al. (2009) massen den Trainingseffekt zusätzlich anhand eines 6-Minuten-Gehtests und einem Test, bei dem die Probanden eine Strecke von 200m so schnell wie möglich zurücklegen mussten. Im 6-Minuten-Gehtest resultierte in beiden Gruppen ein signifikanter Trainingseffekt ($p < 0.01$), dabei absolvierte die konzentrische Gruppe vor der Intervention eine Strecke von durchschnittlich 508,4m, nach der Intervention 559,9m. Die exzentrische Gruppe legte vorher 495m zurück, nach der Trainingsperiode 557,1m. Der 200m-Gehtest wurde von der konzentrischen Gruppe vor der Intervention in 108,6 und danach in 99,6 Sekunden absolviert und die exzentrischen Gruppe legte die 200m vorher in 107,7 und nachher in 101,7 Sekunden zurück. Die Verbesserungen in beiden Gruppen waren dabei statistisch nicht signifikant.

10.7 Muskelfaserstruktur

Sowohl in der Studie von LaStayo et al. (2000) als auch Steiner et al. (2003) gab es nach der Trainingsperiode keine Veränderungen bezüglich der Dichte der Mitochondrien. Bei LaStayo et al. (2000) nahm in der exzentrischen Probandengruppe nach der Intervention der Muskelfaserquerschnitt signifikant zu ($p = 0.003$), in der konzentrischen Gruppe gab es diesbezüglich keine Veränderungen. Hingegen vergrösserte sich in der Studie von Steiner et al. (2003) der Muskelfaserquerschnitt in der konzentrischen Gruppe um 19% signifikant ($p < 0.05$). In der Studie von LaStayo et al. (2000) blieb die Kapillardichte in beiden Gruppen unverändert. Die Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser stieg jedoch in der exzentrischen Gruppe signifikant an ($p = 0.001$). Die Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser blieb bei Steiner et al. (2003) in beiden Gruppen unverändert. In beiden Gruppen dieser Studie

nahm die Muskelmasse der Beine signifikant zu. Dabei war in der konzentrischen Gruppe eine Zunahme von 191 Gramm pro Bein (signifikant bei $P < 0.01$) und in der exzentrischen Gruppe eine Zunahme von 259 Gramm pro Bein (signifikant bei $P < 0.05$) zu verzeichnen. Der Zuwachs zwischen den Gruppen war statistisch nicht unterschiedlich.

10.8 Blutlaktatwerte

In Dufour et al. (2004) stiegen die Blutlaktatwerte bei einer Arbeitsintensität von 287 Watt nicht signifikant an. In der konzentrischen Gruppe wurden 9,6 mmol Laktat pro Liter Blut und in der exzentrischen Gruppe 1,2 mmol Laktat pro Liter Blut gemessen. Bei einer VO_2 von einem Liter pro Minute lag der Laktatwert in beiden Gruppen bei 1,0 mmol Laktat pro Liter Blut. Bei Meyer et al. (2003) war die Laktatkonzentration der exzentrischen Gruppe signifikant kleiner als diejenige der konzentrischen Trainingsgruppe. Dabei betrug der Laktatwert nach 5-minütigem Fahrradfahren in der exzentrischen Gruppe ca. 1,5 mmol und in der konzentrischen Gruppe ca. 3 mmol Laktat pro Liter Blut.

11 Diskussion

Die sieben ausgewählten Studien können in zwei Kategorien eingeteilt werden. So wollten Chung et al. (1999) und Dufour et al. (2004) in Fallstudien die physiologischen Reaktionen von gesunden Probanden und Meyer et al. (2003) die physiologischen Reaktionen von Herzpatienten auf exzentrische und konzentrische Ausdauerbelastung beschreiben. Mittels RCTs evaluierten LaStayo et al. (1999) und LaStayo et al. (2000) den Effekt von exzentrischem und konzentrischem Ausdauertraining bei gesunden Studienteilnehmern und Gremeaux et al. (2009), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) bei Herzpatienten. In allen Studien wurden die Resultate an sehr kleinen Samples von acht bis 14 Probanden erhoben. Die Stichprobengrösse wurde nur in einer Studie begründet. Nachfolgend werden die Studienergebnisse innerhalb der beiden Kategorien diskutiert.

11.1 Studien mit Messungen während konzentrischer und exzentrischer Ausdauerbelastung

11.1.1 Studienprotokoll

Ziele der Studien

Wie bereits erwähnt massen die Studien von Chung et al. (1999) und Dufour et al. (2004) die physiologischen Reaktionen auf exzentrische und konzentrische Ausdauerbelastung bei gesunden Probanden, Meyer et al. (2003) bei Herzpatienten. Chung et al. (1999) massen bei einer Leistung von 60 Watt und drei verschiedenen Umdrehfrequenzen VO_2 , HF und Herzrhythmus. Dufour et al. (2004) hingegen wollten während einer konstanten Tretfrequenz von 80 Umdrehungen und einer gleichen mechanischen Intensität von 287 Watt die VO_2 , die HF und das Schlagvolumen eruieren. Meyer et al. (2003) massen die hämodynamischen und metabolischen Reaktionen von Herzpatienten während eines 20-minütigen exzentrischen oder konzentrischen Fahrradergometertrainings. Die Messungen wurden nach einem 5-wöchigen exzentrischen oder konzentrischen Training gemacht. Während des Tests trainierten alle Probanden bei 60% der individuell maximalen VO_2 und/oder 85% der individuell maximalen HF. Da die Testbedingungen bezüglich Umdrehfrequenz, Arbeitsbelastung und metabolischer Belastung so unterschiedlich sind, ist der Vergleich der Ergebnisse der drei Studien schwierig. Des Weiteren lassen sich die Ergebnisse von Meyer et al. (2003) schlecht mit den anderen beiden Studien vergleichen, da sie kranke Probanden hatten, welche bereits ein 5-wöchiges Training absolviert hatten. Trotzdem zeichnen sich aus den Ergebnissen die ähnlichen Tendenzen wie folgt ab.

11.1.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Sauerstoffaufnahme (VO_2)

In den Studien von Chung et al. (1999), Dufour et al. (2004) und Meyer et al. (2003) hatten die Probanden während exzentrischer Ausdauerbelastung eine signifikant geringere VO_2 . Die Theorie unterstützt die Aussage, dass bei exzentrischer Muskelarbeit der Energiebedarf geringer ist als bei konzentrischer Arbeit. Die Querbrücken von Aktin und Myosin werden bei exzentrischer Muskelarbeit durch die von aussen einwirkende Kraft gelöst, ohne ATP zu verbrauchen. In der Studie von Chung et al. (1999) ist zu sehen, dass die VO_2 während einer Pedalfrequenz von 35 und 55 Umdrehungen pro Minute gleich hoch ist. Der Grund dafür ist für Chung et al. (1999) noch unklar.

Die Probanden von Dufour et al. (2004) erreichten bei einer VO_2 von 1 Liter pro Minute eine durchschnittliche konzentrische Leistung von 50 Watt und eine exzentrische von 256 Watt. Daraus schliessen Dufour et al. (2004), dass die exzentrische VO_2 ca. 1/5 der konzentrischen beträgt. Dieser Rückschluss ist nach Ansicht der Autorinnen jedoch falsch. Aus diesem Resultat kann nur geschlossen werden, dass eine 5-fach grössere mechanische Leistung während exzentrischer Ausdauerbelastung erzielt werden kann, als während konzentrischer Belastung. Ein weiteres Resultat dieser Studie zeigt bei gleicher mechanischer Belastung, dass die VO_2 während exzentrischer Arbeit, die Hälfte der VO_2 während konzentrischer Belastung beträgt.

Herzfrequenz (HF)

Die Studien von Chung et al. (1999) und Dufour et al. (2004) besagen, dass die HF während der exzentrischen Muskelarbeit ebenfalls geringer ist. Zudem resultiert aus der Studie von Dufour et al. (2004) während der exzentrischen Messung eine grössere HF, wenn die VO_2 bei einem Liter liegt. Dies könnte mit der grösseren Leistung zusammenhängen, welche während der exzentrischen Muskelarbeit erreicht wird. Daraus resultiert eine grössere Muskelanspannung, die die kardiovaskulären Reaktionen beeinflussen kann (Lichtneckert, 1971 zitiert nach Dufour et al, 2004). Diese Hypothese sollte weiter untersucht werden, da eine exzentrische Belastung von 250 Watt vergleichsweise zu Trainings-tretleistungen der Studie von LaStayo et al. (1999) gering ausfällt. Diese trainierten mit ihren gesunden Probanden bei einer exzentrischen Tretleistung von bis zu 450 Watt. Eine weitere Erklärung für die erhöhte HF könnte bei thermoregulatorischen Faktoren liegen (Thomson, 1971 zitiert nach Dufour et al., 2004). Im Vergleich zu konzentrischer Muskelarbeit ist während exzentrischer die Muskeltemperatur höher als die Körpertemperatur.

Dabei ist die VO_2 während den beiden Muskularbeitsweisen identisch. Es kann sein, dass die HF erhöht wird, um den thermalen Unterschied auszugleichen. (Nadel, Bergh und Saltin, 1972 zitiert nach Dufour et al., 2004)

Dufour et al. (2004) vermerkte zusätzlich interindividuell sehr verschiedene Herzfrequenzen während exzentrischer Belastung. Dies bedeutet, dass exzentrisches Ausdauertraining interindividuelle Kreislaufanpassungen generiert. Somit wird das Herz-Kreislaufsystem der Probanden bei gleicher Intensität unterschiedlich belastet. Pokan et al. (2009) weisen darauf hin, dass das Absinken der maximalen HF pro Lebensjahr für jeden Menschen gilt. Ebenso ist bekannt, dass für jedes Individuum eine Streuung der Ruheherzfrequenz von ± 15 Schlägen pro Minute vorhanden sein kann. Durch diese zwei Faktoren reagierten die Probanden individuell auf eine Ausdauerbelastung. Deshalb sollte während einer Belastungsuntersuchung berücksichtigt werden, dass das Ausmass der Ausbelastung bezüglich Erreichen oder Nicht-Erreichen der maximalen HF nur sehr grob abgeschätzt werden kann. Da Dufour et al. (2004) die einzige Studie ist, die die interindividuellen Unterschiede der HF bei 1 Liter VO_2 betrachtet, sollte dieses Resultat in weiteren Studien verfolgt werden.

Im Praxisalltag sollten die Herzfrequenzwerte vorsichtig interpretiert werden. Insbesondere wenn man mit einem Patienten mit dem Trainingsparameter HF trainieren möchte.

Die Studie von Chung et al. (1999) besagt, dass die Pedalfrequenz einen Einfluss auf die HF hat. So ist während exzentrischer Ausdauerbelastung die HF bei 55 Umdrehungen pro Minute am geringsten. Chung et al. (1999) sind der Meinung, dass 55 Umdrehungen pro Minute eine mittlere Geschwindigkeit ist und mit weniger Kokontraktionen der Muskulatur verknüpft sein könnte. Dies würde den peripheren Gefässwiderstand reduzieren und somit die HF beeinflussen. Da das Outcome nur bei dieser Studie und bei einer Intensität von nur 60 Watt gemessen wurde, ist die Aussagekraft dieses Ergebnisses reduziert. Um den Zusammenhang der HF und Tretkadenz genauer zu analysieren und zu bekräftigen, braucht es weitere Studien mit grösseren Samples sowie verschiedenen Tretintensitäten.

Blutlaktatwerte

Laut Dufour et al. (2004) stiegen die Blutlaktatwerte bei einer Arbeitsintensität von 287 Watt nicht signifikant an. Dabei betrug der Laktatgehalt in der konzentrischen Gruppe 9,6 mmol Laktat pro Liter Blut und in der exzentrischen Gruppe 1,2 mmol. Die 9,6 mmol Laktat

pro Liter Blut zeigen jedoch deutlich, dass die konzentrische Messung weit über der anaeroben Schwelle gemacht wurde und somit die konzentrische Ausdauerbelastung eindeutig mehr Energie benötigt als die exzentrische. Die Laktatmessungen von Meyer et al. (2003) bekräftigen diese Aussage.

11.1.3 Einflussfaktoren auf die Ergebnisse

In beiden Gruppen waren sowohl die Teilnehmer als auch die Beurteiler nicht verblindet. Obwohl die Messungen grösstenteils objektiv waren, könnte dies die Motivation der Teilnehmer beeinflusst haben. Das Durchschnittsalter der Probanden in Dufour et al. (2004) von 28 Jahren ist sehr jung, um die Studienergebnisse auf die meist etwas älteren Herzkranke zu übertragen zu können. Diese Tatsache kommt daher, da die Arteriosklerose sich über eine längere Zeit entwickelt, bis sie sich in einer koronaren Herzkrankheit manifestiert. Auch werden die Patienten zukünftig immer älter. (Pokan et al., 2009) Die Übertragbarkeit der Ergebnisse bezüglich des Alters ist bei Chung et al. (1999) eher gegeben. Dufour et al. (2004) führten die exzentrischen und konzentrischen Tests am selben Tag durch. Durch eine mögliche Ermüdung im zweiten Test könnte eine Verzerrung der Ergebnisse entstanden sein.

11.2 Studien zum Effekt von exzentrischem und konzentrischen Ausdauertraining

11.2.1 Studienprotokoll

Die Studie von Meyer et al. (2003) und von Steiner et al. (2003) wurden praktisch von den gleichen Autorenteams gleichzeitig am selben Sample durchgeführt.

Ziel der Studien

Alle Studien hatten zum Ziel den Effekt von exzentrischem Ausdauertraining zu messen. Dabei hatten LaStayo et al. (2000) und LaStayo et al. (1999) gesunde Probanden rekrutiert. Bei Gremeaux et al. (2009), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) hatten alle Studienteilnehmer eine koronare Herzkrankheit. Es wurden verschiedene Outcomes gemessen. So wendeten Gremeaux et al. (2009) auch funktionelle Gehtests an. LaStayo et al. (2000) und Steiner et al. (2003) untersuchten zusätzlich die Muskelfaserstruktur.

Studiendesign

Alle Studien waren RCTs. Dabei absolvierte die Interventionsgruppe ein exzentrisches und die Kontrollgruppe ein konzentrisches Ausdauertraining. In vier von diesen fünf Studien

wurden die Teilnehmer in die beiden Gruppen randomisiert. LaStayo et al. (2000) teilten die Probanden anhand eines Basistests in zwei Gruppen ein, damit die durchschnittliche maximale VO_2 in beiden Gruppen gleich ausfiel. Danach wurden die Gruppen zum konzentrischen oder exzentrischen Training randomisiert. In allen Studien, ausser in derjenigen von Gremeaux et al. (2009), waren die Untersucher nicht geblindet. Dies könnte das Ergebnis zu Gunsten einer Trainingsform verfälschen. In Gremeaux et al. (2009), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) waren die Teilnehmer ebenfalls nicht geblindet. Die anderen beiden Studien geben keine Angaben zur Verblindung der Probanden an. Wenn die Studienteilnehmer vom Ziel der Studie und über das Studienprotokoll Bescheid wissen, könnten sie zu Gunsten der exzentrischen Ausdauertrainingsform motivierter sein, trainieren zuverlässiger und haben schliesslich bessere Outcomewerte als die Probanden der konzentrischen Gruppe.

Sample

In allen Studien wurde ein kleines Sample von 9 bis 14 Personen gewählt. Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) machten ihre Studien am gleichen Sample zur gleichen Zeit. Die Teilnehmeranzahl wurde in keiner Studie, ausser in der von Meyer et al. (2003) beziehungsweise Steiner et al. (2003), begründet. Dabei gaben die Autoren dieser Studien an, dass die Zahl vom Ethikkomitee beschränkt worden sei, weil das exzentrische Ausdauertraining eine neue Trainingsform bei Herzpatienten sei. Die ausschliesslich männlichen, erkrankten Probanden der Studien von Gremeaux et al. (2009) und Meyer et al. (2003) beziehungsweise Steiner et al. (2003) waren durchschnittlich zwischen 40 und 60 Jahre alt. Dabei hatten alle Teilnehmer von Gremeaux et al. (2003) ein akutes Koronarsyndrom sechs Wochen vor Studienbeginn erlitten. In den Studien von Meyer et al. (2003) beziehungsweise Steiner et al. (2003) lautete die Diagnose bei zehn von 13 Probanden „akutes Koronarsyndrom“, die anderen 2 Patienten hatten sich entweder einer Bypass-Operation oder einer Herzkranzgefässerweiterung unterzogen. Das Krankheitsbild eines Teilnehmers wurde nicht beschrieben, was die Qualität dieser Studie negativ beeinflusst. Zudem ist aus diesen beiden Studien das Krankheitsstadium, in welchem sich die Probanden zu Studienbeginn befanden, nicht ersichtlich. Die Einschlusskriterien der drei Studien sind relativ streng, sodass die Studienergebnisse nicht auf alle Herzpatienten übertragbar sind. In allen drei Studien wurde ein Ethikkomitee zur Prüfung des Studienprotokolls beigezogen.

In den Studien von Gremeaux et al. (2009), La Stayo et al. (2000), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) hat je eine Person die Studie abgebrochen. Aus allen Studien, ausser bei Steiner et al. (2003), ist nicht ersichtlich, wie die Ausscheidungen gehandhabt wurden. In Meyer et al. (2003) ist nichts über einen Studienabbruch eines Probanden zu lesen. In Steiner et al. (2003) ist jedoch ein Abbruch vermerkt, welcher darum auch die Studie von Meyer et al. (2003) betreffen müsste.

Die Studien von LaStayo et al. (2000) und LaStayo et al. (1999) wurden an gesunden Probanden durchgeführt, wobei das Alter der Samples zwischen knapp 20 bis knapp 40 Jahren lag. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Herzpatienten ist nur beschränkt gegeben, da aus klinischer Erfahrung, Herzpatienten im Schnitt oberhalb dieser Altersangaben liegen. Durch die gezielte Einteilung der Gruppen in LaStayo et al. (2000), um in beiden Gruppen eine durchschnittlich gleiche maximale VO_2 zu erhalten, waren sich die beiden Trainingsgruppen sehr ähnlich. In der Studie von LaStayo et al. (1999) hingegen bestand das Sample aus männlichen und aus weiblichen Probanden, sowie aus sportlichen und eher wenig Sport treibenden Teilnehmern. Dies führte dazu, dass die Gruppen sich nicht sehr ähnlich waren. Somit ist die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen vorsichtig zu interpretieren.

Ein Grund einheitliche Probanden bezüglich des Geschlechts zu wählen, besteht wahrscheinlich darin, dass Männer einen anderen Ruheenergieverbrauch haben, als Frauen. Somit ist der Energieverbrauch bei einem gleichgeschlechtlichen Sample besser zu vergleichen.

Intervention

In den meisten Studien wurde eine Trainingsperiode von 8 Wochen durchgeführt. Die Probanden von Gremeaux et al. (2009) trainierten nur 5 Wochen, in der Studie von LaStayo et al. (1999) waren es 6 Wochen. Koronarpatienten sollten jedoch ihr Trainingsprogramm über Monate bis Jahre ausführen, um die Progression der Krankheit positiv zu beeinflussen. Eine Langzeitstudie oder eine Studie mit follow-up gäbe dazu wichtige Erkenntnisse.

In allen Studien trainierten die Probanden durchschnittlich ca. 3 x 30 Minuten pro Woche auf dem Fahrradergometer. Die Trainingsintensität wurde in den Studien anhand von verschiedenen Parametern unterschiedlich gesteigert. In Gremeaux et al. (2009) wurde die Intensität anhand der vorgegebenen HF und der Schmerzen in den Beinen gesteigert. LaStayo et al. (2000) steigerten die Intensität anhand eines Prozentsatzes der individuell

maximalen HF und zusätzlich, wie auch LaStayo et al. (1999), mittels Erhöhung der Trainingsfrequenz und der Trainingsdauer. In Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) wurde die Trainingsintensität anhand der individuell maximalen VO_2 und der individuell maximalen HF gesteigert. Die Steigerung der Trainingsintensität wurde bei allen Studien unterschiedlich gehandhabt. Somit stellt sich die Frage, wie die Trainingsintensität in der Praxis gesteigert werden soll. Da Meyer et al. (2003) in Woche fünf bei den Probanden hämodynamische Messungen durchführte, durfte aus ethischen Gründen in den darauffolgenden drei Trainingswochen die Intensität nicht mehr gesteigert werden. In allen Studien trainierten die exzentrische Gruppe auf einem speziell angefertigten exzentrischen und die konzentrische Gruppe auf einem konventionellen Fahrradergometer. In den Studien, in welchen das Sample aus Herzpatienten bestand, war das Ausdauertraining in ein Rehabilitationsprogramm integriert. Die anderen Rehabilitationselemente können den reinen Effekt des exzentrischen Ausdauertrainings bei Herzpatienten verzerren. Zudem sind die Trainingselemente des Rehabilitationsprogrammes in den Studien nicht weiter ausgeführt, was die Beurteilung des reinen Ausdauertrainings noch mehr erschwert. Zudem ist das Ausdauertraining nur ein Bestandteil des Rehabilitationsprogrammes von Herzpatienten. Ebenso sind das Krafttraining, die Koordination, das Dehnen und die Gruppen-Gymnastik wichtige Bestandteile zur Krankheitsverbesserung und Motivation. Deshalb ist es praxisorientierter, wenn der Effekt des exzentrischen und konzentrischen Ausdauertrainings als Teil eines Rehabilitationsprogramms gemessen wird. Ebenso müssen die Interventionen an Probanden, vor allem wenn es Patienten sind, ethisch vertretbar sein. Des Weiteren waren alle Patienten medikamentös eingestellt. Die Medikamente können einen Einfluss auf den Effekt des Ausdauertrainings haben. Den genauen Einfluss der einzelnen Medikamente auf die Verbesserung der Ausdauerfähigkeit ist in den Studien nicht ersichtlich. Die Patienten sind aber auf die Medikamente für die Herzproblematik angewiesen und können für Studienzwecke nicht abgesetzt werden.

11.2.2 Gegenüberstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse von Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) differieren leicht, obwohl die Studien zur selben Zeit mit dem gleichen Sample durchgeführt wurden.

Tretleistung

Die Studien von LaStayo et al. (2000), Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003) massen die Tretleistung, welche während dem Training mit einem Fahrradergometer bei

einem prozentualen Anteil der individuell maximalen HF erreicht wurden. Bei einem Wert von 65 % der individuell maximalen HF trainierten die gesunden Probanden von LaStayo et al. (2000) bei einer höheren Tretleistung (sowohl exzentrisch als auch konzentrisch) als die Patienten der Studie von Meyer et al. (2003) und Steiner et al. (2003), welche bei ca. 75 % der individuell maximalen HF trainierten. Herzpatienten sind durch ihre meist schon länger bestehende koronare Problematik in ihrer Belastbarkeit eingeschränkt und somit ist ihre Leistungskapazität vermindert.

Die Probanden der exzentrischen Gruppe von LaStayo et al. (1999) konnten bei einem Liter VO_2 pro Minute, eine siebenfach grössere Leistung erbringen, als die Probanden der konzentrischen Gruppe. Auch diese Ergebnisse bekräftigen den geringeren Energiebedarf während exzentrischer Muskelarbeit.

Bei Gremeaux et al. (2009) und Meyer et al. (2003) wurde vor und nach der Trainingsperiode die maximale konzentrische Leistungsfähigkeit auf einem konventionellen Fahrradergometer getestet. Dabei verbesserte sich die Leistungsfähigkeit bei beiden Trainingsgruppen der zwei Studien signifikant. Der Zwischengruppeneffekt war in beiden Studien nicht signifikant. Das bedeutet, dass das konzentrische und exzentrische Training mittels Fahrradergometer bezüglich der maximalen konzentrischen Ausdauerleistungsfähigkeit den gleichen Effekt haben.

Sauerstoffaufnahme (VO_2)

Die Probanden von LaStayo et al. (1999) und Meyer et al. (2003) trainierten beim exzentrischen Fahrradfahren bei einer geringeren oder gleichen VO_2 als beim konzentrischen. Dabei erreichten die Patienten von Meyer et al. (2003) in der exzentrischen Gruppe eine viermal grössere Leistung und die Probanden von LaStayo et al. (1999) eine siebenfach höhere Leistung als die konzentrische Gruppe. Diese Outcomes zeigen, dass exzentrische Ausdauerbelastung eine grössere Leistung erzielt und die VO_2 für diese Leistung geringer ist.

Die Studien von Gremeaux et al. (2009), LaStayo et al. (2000) und Meyer et al. (2003) massen den Trainingseffekt bezüglich der VO_2 nach der Intervention. Die Resultate fielen unterschiedlich aus. In Gremeaux et al. (2009) zeigten beide Trainingsgruppen einen signifikanten Trainingseffekt bezüglich der symptomlimitierten VO_2 . Die Studie von LaStayo et al. (2000) brachte in beiden Gruppen keinen Trainingseffekt hervor und auch keinen signifikanten Zwischengruppeneffekt. Bei den Probanden von Meyer et al. (2003) stieg nur in der exzentrischen Patientengruppe die VO_2 signifikant an. Daraus lässt sich

schliessen, dass der Trainingseffekt bezüglich der VO_2 durch exzentrisches Ausdauertraining noch nicht klar scheint und weiter zu untersuchen gilt.

Herzfrequenz (HF)

In den meisten Studien galt ein Prozentanteil der maximalen HF als Trainingsparameter. Dieser wurde jedoch unterschiedlich festgelegt. Aus den Studien ist nicht ersichtlich, warum dieser Prozentsatz gewählt wurde. Somit können daraus keine Dosierungsvorgaben für die Praxis abgeleitet werden.

Der Trainingseffekt bezüglich der maximalen HF wurde nur in der Studie von LaStayo et al. (2000) gemessen. Die Studie zeigte jedoch in beiden Gruppen keine Verbesserung der maximalen HF vor und nach der 8-wöchigen Intervention. Der Zwischengruppeneffekt war ebenfalls nicht signifikant.

Subjektive Anstrengung

Die subjektive Anstrengung wurde in den Studien anhand unterschiedlicher Parameter gemessen. In allen Studien war die subjektive Anstrengung im Allgemeinen eher niedrig und die Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen waren gering.

Muskelkater und muskuläre Beschwerden

Die Studien, welche an Herzpatienten durchgeführt wurden, verzeichneten in beiden Trainingsgruppen weder einen signifikanten Muskelkater noch andere muskuläre Beschwerden. Das heisst, wenn das exzentrische Ausdauertraining langsam aufgebaut wird, kann Muskelkater vermieden werden. Die Studien von LaStayo et al. (2000) und LaStayo et al. (1999) verzeichneten in der exzentrischen Trainingsgruppe während den ersten Trainingswochen signifikanten Muskelkater. Im Gegensatz zu den anderen Studien generierten die exzentrischen Trainingsgruppen dieser beiden Studien eine deutlich höhere Tretleistung. Dies bestätigt, dass die Tendenz zu Muskelkater bei exzentrischer Muskelarbeit grösser ist. Die Überforderung der Muskulatur bei intensiver und ungewohnter Beanspruchung kann schnell zu Muskelkater führen. Auch ist die Belastung der passiven Strukturen bei exzentrischem Training grösser als bei konzentrischem.

Kraft-/Gehtests und Muskelfaserstruktur

In den Studien von LaStayo et al. (2000), LaStayo et al. (1999) und Steiner et al. (2003) nahm in der exzentrischen Gruppe die isometrische Muskelkraft der Knieextensoren

signifikant zu, wobei die konzentrische Gruppe diesbezüglich keine Veränderungen zeigte. In Steiner et al. (2003) wurde auch die dynamisch konzentrische und dynamisch exzentrische Maximalkraft der Knieextensoren gemessen. Dabei nahm die dynamisch konzentrische Kraft der exzentrischen Gruppe signifikant zu, die dynamisch exzentrische Kraft verbesserte sich auch, jedoch nicht signifikant. Der signifikante Kraftzuwachs könnte mit der grösseren mechanischen Trainingsleistung zusammenhängen, welche während des exzentrischen Ausdauertrainings erzielt wurde. Der geringere exzentrische Kraftgewinn in der exzentrischen Gruppe erstaunt hingegen, da grundsätzlich ein exzentrisches Training gewählt wird, wenn die exzentrische Leistungsfähigkeit verbessert werden soll. Bei Herzpatienten wird jedoch nicht primär exzentrisch trainiert, um die exzentrische Maximalkraft zu verbessern. Vielmehr ist das Ziel, ein Training mit geringerer Herzkreislaufbelastung und grösstmöglichem Muskelkraftzuwachs zu gestalten.

Die Studie von Gremeaux et al. (2009) zeigt in beiden Gruppen einen signifikanten Zuwachs der isometrischen Maximalkraft der Knieextensoren und Plantarflexoren. Der Kraftzuwachs der Plantarflexoren war in der exzentrischen Gruppe signifikant grösser. Gremeaux et al. (2009) mass den Effekt des exzentrischen Ausdauertrainings zudem mittels zwei Gehtests. Die Ergebnisse waren in beiden Gruppen ähnlich, somit hat wahrscheinlich der grössere Kraftzuwachs der Plantarflexoren in der exzentrischen Gruppe keinen funktionellen Einfluss. Die Messungen der Gehtests wurden direkt nach der Trainingsperiode durchgeführt, wobei der Zeitabstand vom Kraftzuwachs bis zur Übernahme dieser Kraft in die Funktion noch unbekannt ist. Deshalb wäre es sinnvoll, diese Gehtests, zu einem späteren Zeitpunkt nach der Trainingsperiode zu wiederholen. (Gremeaux et al., 2009)

Im Alter nimmt die Kraft der Plantarflexoren ab, wobei die Kraft der Dorsalextensoren gleich bleibt (Simoneau, Martin, Van Hoecke, 2005 zitiert nach Gremeaux et al., 2009). Die Dekonditionierung im Alter ist vergleichbar mit der Dekonditionierung bei Herzpatienten. Deshalb könnte der Kraftzuwachs der Plantarflexoren bei Herzpatienten von Bedeutung sein. (Gremeaux et al., 2009)

In den Studien von LaStayo et al. (2000) und Steiner et al. (2003) gab es in beiden Gruppen keine Veränderungen bezüglich der Dichte der Mitochondrien oder der Muskelfaserkapillardichte. Bezüglich des Muskelfaserquerschnittes sind die Ergebnisse verschieden. Die Ergebnisse der Muskelbiopsie sollten laut LaStayo et al. (2003) mit Vorsicht interpretiert werden, da die Muskelbiopsien sehr variieren können und eine Muskelbiopsie nur ein sehr kleiner Ausschnitt aus einem Muskel ist. Obwohl das Training auf einem Fahrrad-

ergometer stattfand, zeigen die Ergebnisse der Muskelbiopsien und Muskelkraft eher Anpassungen an ein Krafttraining anstatt an ein Ausdauertraining.

12 Schlussfolgerung

Die ausgewählten Studien wurden von ähnlichen Autorentams durchgeführt. So waren einige Autoren an mehreren Studien beteiligt. Die Aussagekraft der Ergebnisse könnte deshalb beeinflusst werden. Auch verdeutlicht die kleine Studienmenge das geringere Interesse an dieser Thematik und den grossen Aufwand für ein exzentrisches Ausdauertraining auf einem Fahrradergometer.

Die Aussagekraft der Studienergebnisse wird durch weitere Faktoren limitiert. Darunter zählen die meist mangelnde Verblindung der Beurteiler und Probanden, die kleinen Samples, das Alter einzelner Probandengruppen sowie die Medikation der Patienten oder die Therapieübungen des Rehabilitationsprogrammes. Auch spielt die eher kurze Trainingsperiode von maximal acht Wochen eine Rolle. Koronarpatienten sollten ihr Trainingsprogramm über Monate bis Jahre ausführen, um die Progression der Krankheit positiv zu beeinflussen. Wichtige Erkenntnisse dazu würde eine Langzeitstudie oder eine Studie mit follow-up liefern.

Trotzdem zeichnen sich im Vergleich der sieben Studien gewisse Tendenzen ab. Alle Studienteilnehmer mit einer koronaren Herzkrankheit haben das exzentrische Ausdauertraining gut vertragen und verzeichneten weder einen Muskelkater noch andere muskuläre Beschwerden. Im Vergleich zu den gesunden Probanden ist die eingeschränkte Leistungskapazität durch ihre meist schon länger bestehende koronare Problematik anhand der Tretleistung gut ersichtlich. Der geringe Energiebedarf der exzentrischen Muskelarbeit wird in allen Studien bestätigt. Dieses Ergebnis lässt sich anhand einer geringeren VO_2 oder einer tieferen HF während exzentrischer Belastung erkennen. Überdies kann exzentrisch eine grössere Leistung erzielt werden, obwohl der Sauerstoffbedarf tiefer oder gleich hoch ist wie während konzentrischer Arbeit. Die subjektive Anstrengung fiel dabei im Allgemeinen niedrig aus. In einer Studie wurde die HF bei einem Liter VO_2 pro Minute gemessen. Dabei war diese während exzentrischer Ausdauerbelastung signifikant höher und interindividuell sehr verschieden. Das heisst, die Dosierung der Trainingsintensität anhand der HF sollte individuell angepasst werden, da die Patienten auf die Belastung verschieden reagieren. Der Trainingseffekt von exzentrischem, im Vergleich zu konzentrischem Ausdauertraining, ist bezüglich der isometrischen und dynamisch konzentrischen

Maximalkraft signifikant. Auch die dynamisch exzentrische Maximalkraft verbesserte sich, jedoch statistisch nicht signifikant. Der Kraftzuwachs zeigte aber in den funktionellen Geh- tests keinen Effekt zwischen den Trainingsgruppen. Der Trainingseffekt anhand der VO_2 fiel unterschiedlich aus. Das konzentrische und das exzentrische Training mittels Fahrrad- ergometer hatten bezüglich der maximalen konzentrischen Ausdauerleistungsfähigkeit den gleichen Effekt. Die Ergebnisse aus den Muskelbiopsien und Maximalkrafttests zeigen eher Anpassungen an ein Krafttraining als an ein Ausdauertraining.

Die meisten Ergebnisse sind noch zu wenig breit abgestützt, um daraus definitive Schlüsse zu ziehen. So war beispielsweise die Dosierung des Trainings anhand der HF, der Tretleistung und der VO_2 von Studie zu Studie unterschiedlich. Deshalb sollten weitere Studien mit grösseren Samples durchgeführt werden.

13 Theorie-Praxis-Transfer

Aufgrund der Einschlusskriterien wurden Patienten mit nur leichten Einschränkungen des Herzkreislaufsystems für die Studien ausgewählt. Deshalb sind die Studienergebnisse nicht vollumfänglich auf alle Herzpatienten übertragbar. Die meisten Studien wurden mit einem ausschliesslich männlichen Sample durchgeführt. Dies schränkt die Übertragbarkeit in den Praxisalltag zusätzlich ein. Das exzentrische Training mit einem Fahrradergometer kann bislang in der Praxis noch nicht umgesetzt werden. Diese Geräte stehen im Handel nicht zur Verfügung. Treppen runter steigen oder Berg ab gehen wären einfache Möglichkeiten, um ein exzentrisches Training durchzuführen. Darüber hinaus wären diese Trainingsformen funktioneller. Der Effekt dieser Trainingsarten wird in dieser Arbeit jedoch nicht behandelt. Aus den Studien sind keine Dosierungsvorgaben abzuleiten, da die Trainingsparameter unterschiedlich festgelegt wurden und die Studien keine Erläuterungen zu ihrer Dosierung machten. Zudem sollte die Dosierung der Trainingsintensität anhand der HF jedes einzelnen Patienten vorsichtig definiert werden, da die kardiovaskulären Anpassungen auf eine Ausdauerbelastung interindividuell verschieden sind. Um den Trainingsparameter festzulegen, sollte im Vorfeld ein kardiorespiratorischer Leistungstest durchgeführt werden, um den Trainingsparameter HF an der VO_2 anzupassen.

Schliesslich sollte grundsätzlich überlegt werden, was das Ziel des exzentrischen Ausdauertrainings ist. Ist es die Verbesserung der Muskelkraft bei geringer Herzkreislaufbelastung oder ist es die Verbesserung der kardiopulmonalen Ausdauerfähigkeit?

14 Bezug zu den Fragestellungen

In diesem Kapitel werden die nachstehenden beiden Fragestellungen dieser Bachelorarbeit beantwortet. Welche kardiovaskulären Reaktionen zeigen sich während exzentrischer Fahrradergometer-Ausdauerbelastung anhand der Sauerstoffaufnahme (VO_2) und der Herzfrequenz (HF)? Was ist der Effekt von exzentrischem Fahrradergometer-Ausdauertraining bei Herzpatienten in Bezug auf das kardiovaskuläre System und die muskuläre Belastbarkeit der Beine?

Während exzentrischer Ausdauerbelastung zeigen sich die folgenden kardiovaskulären Reaktionen: Die VO_2 und die HF sind während exzentrischer Arbeit signifikant geringer, wobei eine grössere Leistung erzielt wird. Ist während exzentrischer und konzentrischer Belastung die VO_2 bei einem Liter pro Minute, zeigt sich während exzentrischer Arbeit eine höhere HF, aber auch eine grössere Tretleistung. Die Blutlaktatwerte sind während exzentrischer Ausdauerbelastung geringer als während konzentrischer. Daraus kann geschlossen werden, dass exzentrische Ausdauerbelastung weniger Energie benötigt als konzentrische.

Das exzentrische Fahrradergometer-Ausdauertraining bei Herzpatienten hat auf die maximale konzentrische Ausdauerleistungsfähigkeit auf einem konventionellen Fahrradergometer den gleichen Effekt wie das konzentrische Training mit einem Fahrradergometer. Die dynamisch konzentrische und isometrische Maximalkraft nahm bei exzentrischem Training statistisch signifikant zu. Die exzentrische Maximalkraft verbesserte sich auch, jedoch statistisch nicht signifikant. Funktionell konnten zwar Verbesserungen erzielt werden, die Unterschiede zwischen den exzentrischen und konzentrischen Trainingsgruppen sind jedoch statistisch nicht unterschiedlich. Die Studien sind sich über den Trainingseffekt bezüglich der VO_2 nicht einig. Der Effekt des exzentrischen Trainings auf die HF wurde in den Studien nicht eruiert.

15 Danksagung

Für die Unterstützung und Beratung während der Entstehung der vorliegenden Arbeit, möchten sich die Autorinnen bei der Betreuerin Frau Sandra Schächtelin herzlich bedanken. Ebenso gebührt den Korrekturleserinnen ein besonderer Dank, welche einen Teil ihrer Zeit in diese Arbeit investiert haben. Herzlichen Dank an Damaris Bucheli, Margrit Heer, Karin Lüssi, Magdalena Suter und Rahel Suter.

16 Eigenständigkeitserklärung

Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.

Datum

Datum

Iris Heer

Barbara Wagner

17 Quellenverzeichnis

17.1 Literaturverzeichnis

- Boeckh-Behrens, W.U. & Buskies, W. (2004). *Fitness-Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Bubbico, A. & Kravitz, L. (2010). Eccentric Exercise: A Comprehensive Review of a Distinctive Training Method. *IDEA Fitness Journal*, 7 (9), 50-59. Heruntergeladen von <http://www.drlenkravitz.com/Pages/articles.html>
- Chung, F., Dean, E. & Ross, J. (1999). Cardiopulmonary Responses of Middle-Aged Men Without Cardiopulmonary Disease to Steady-Rate Positive and Negative Work Performed on a Cycle Ergometer. *Physical Therapy*, 79 (5). 476-487.
- Dufour, S.P., Lampert, E., Dourtealeu, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Billat, V., Piquard, F. & Richard, R. (2004). Eccentric Cycle Exercise: Training Application of Specific Circulatory Adjustments. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 11, 1900-1906. doi:10.1249/01.MSS.0000145441.80209.66
- Fang, Y., Siemionow, V., Sahgal, V., Xiong, F. & Guang, H.Y. (2004). Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions.
- Gremeaux, V., Duclay, J., Deley, G., Philipp, J.L., Laroche, D., Pousson, M. & Casillas, J.M. (2010). Does eccentric endurance training improve walking capacity in patients with coronary arterydisease? A randomized controlled pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 24, 590-599. doi:10.1177/0269215510362322
- Hegner, J. (2009). *Training fundiert erklärt, Handbuch der Trainingslehre*. Herzogenbuchsee: INGOLD Verlag.
- Hoffmann, A. & Müller, K. (2008). Kardiale Rehabilitation. *Fact Sheet Rehab*. Heruntergeladen von <http://www.sakr.ch/public/stateoftheheart/stateoftheheart.asp?l=de>
- Horn, F., Moc, I., Schneider, N., Grillhösl, C., Berghold, S. & Lindenmeier, G. (2005). *Biochemie des Menschen. Das Lehrbuch für das Medizinstudium*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Hortobágy, T., Devita, P., Money, J. & Barrier, J. (2000). Effects of standard and eccentric overload strength training in young women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 7, 1206-1212.

- LaStayo, P.C., Pierotti, D.J., Pifer, J., Hoppeler, H. & Lindstedt, S.L. (2000). Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278. 1282-1288.
- LaStayo, P.C., Reich, T.E., Urquhart, M., Hoppeler, H. & Lindstedt, S.L. (1999). Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 276. 611-615.
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M. (1998). *Anleitungen zum Formular für eine kritische Besprechung quantitativer Studien*. Heruntergeladen von <http://www.canchild.ca/en/canchildresources/resources/quantguideG.pdf>
- Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. & Westmorland, M., (1998). *Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien*. Heruntergeladen von <http://www.canchild.ca/en/canchildresources/resources/quantformG.pdf>
- Mewis, C., Riessen, R. & Spyridopoulos, I. (2006). *Kardiologie compact. Alles für Station und Fachprüfung*. Stuttgart: George Thieme Verlag.
- Meyer, K. & Foster, C. (2004). Muskelaufbau im Zentrum des kardiovaskulären Trainings. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55, 3.
- Meyer, K., Steiner, R., LaStayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Saner, H. & Hoppeler, H. (2003). Eccentric Exercise in Coronary Patients: Central Hemodynamic and Metabolic Responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35 (7). 1076-1082.
- Pokan, R., Benzer, W., Gabriel, H., Hofmann, P., Kunschitz, E., Mayr, K., Samtitz, G. (2009). *Kompendium der kardiologischen Prävention und Rehabilitation*. Wien: Springer Verlag.
- SAKR. (2011). *Anforderungsprofil für von der SAKR offiziell anerkannte Rehabilitations-Kliniken/Institutionen*. Heruntergeladen von <http://www.sakr.ch/public/richtlinien/deutsch.asp?l=de>
- Speckmann, E.J., Hescheler, J. & Köhling, R. (2008). *Physiologie*. München: Elsevier GmbH.
- Steffers, G. & Credner, S. (2006). *Allgemeine Krankheitslehre und Innere Medizin für Physiotherapeuten. Physiolehrbuch Krankheitslehre*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

- Steiner, R. (2003). *Exzentrische Muskelarbeit – die unbekannte Seite unserer Bewegung. Therapeutische Umschau*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Steiner, R., Meyer, K., Lippuner, K., Schmid, J.-P., Saner, H. & Hoppeler, H. (2003). Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: a novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation? *Eur J Appl Physiol*, 91. 572–578. doi:10.1007/s00421-003-1000-6
- Van den Berg, F. & Cabri, J. (2003). *Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint Folien]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn
- Van Gestel, A.J.R. (k.D.). Innere Organe und Gefässe I. Skript Herz-Kreislauf. *EBP Atemtherapie*.
- Vogt, M., Brügger, O., Schütz, R., Wehrlin, J., Perret, C., Umberg, R., Aeschlimann, U. (2005). *Physiologische Trainingsintensitätszonen. Fachdokumentation 2005/1* [PDF Dokument]. Heruntergeladen von http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/forschung/fachgruppen_sportwissenschaft/fachgruppe_ausdauer.html
- ZHAW Institut für Physiotherapie. (2010). *Innere Organe und Gefässe I. Beiblatt VIII „Kardiale Rehabilitation*. [PDF Dokument]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/file.php/3427/Dateiablage_Physiotherapie_2.Semester/Innere_Organe_und_Gefaesse/A_I_Atmung_Cardio-Vaskulaeres_System/Unterrichtsmaterial/Beiblaetter_Praxis_Unterricht/Beiblatt_VIII_zum_HK2_und_HK3.pdf

17.2 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Aufbau eines Muskels. Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn
- Abb. 2: Aufbau eines Sarkomers auf elektronenmikroskopischer Ebene. Van den Berg, F. & Cabri, J. (2003). *Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Abb. 3: Aktinfilament. Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn
- Abb. 4: Myosinfilament. Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn
- Abb. 5: Kontraktionsmechanismus. Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn
- Abb. 6: Abfolge des Querbrückenzyklus. Van Duijn, A. (2009). *Muskelphysiologie* [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_43/PT402_wo43_Bindegewebe_van_Duijn

17.3 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Gegenüberstellung konzentrisches vs. exzentrisches Training. Hegner (2009). *Training fundiert erklärt, Handbuch der Trainingslehre*. Herzogenbuchsee: INGOLD Verlag.

Tabellen 2-8 wurden von den Autorinnen dieser Bachelorarbeit selbst erstellt.

18 Anhang

18.1 Wortzahl

Abstract: 199

Arbeit: 11'717

(exklusive Abstract, Tabellen, Tabellenbeschriftungen, Abbildungen, Abbildungsbeschriftungen, Literaturverzeichnis, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung und Anhang)

18.2 Beurteilungsformular

Die Punkteverteilung wurde von den Autorinnen selbst entwickelt. Wird ein Beurteilungskriterium mit „ja“ beantwortet, wird dies mit einem Punkt bewertet. Die Vergabe von zusätzlichen Punkten ist im Formular erläutert.

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien (auf Physiotherapie abgeändert)

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998
McMaster Universität

TITEL:
AUTOREN:
PUNKTE:

ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein 1 P.	Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein 1 P.	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.
DESIGN <input type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="radio"/> Kohortenstudie <input type="radio"/> Einzelfall Design <input type="radio"/> Vorher Nachher Design <input type="radio"/> Fall Kontroll Studie <input type="radio"/> Querschnittsstudie <input type="radio"/> Fallstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)? 1 P. wenn Studiendesign der Studienfrage entsprach. Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen. 1 P Abzug pro Bias

<p>STICHPROBE</p> <p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p>1 P.</p> <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p>1 P.</p>	<p>N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Ähnlichkeit:</p> <p>1 P. bei Ähnlichkeit</p> <p>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p>1 P. bei Einholung wohlinformierter Zustimmung</p>	
<p>OUTCOMEMESSUNGEN</p> <p>Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p>1 P.</p>	<p>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</p> <p>Outcome-Bereiche:</p>	<p>Verwendete Messungen:</p>
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1 P.</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p><input type="radio"/> ja</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p>	

<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1 P.</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1 P.</p>	
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> entfällt <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1 P.</p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1 P.</p>	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</p>
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <p>1 P.</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>1 P. Abzug wenn keine angemessene Handhabung beschrieben:</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1 P.</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen</p>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</p> <p>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder</p>

<p>angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> ja<input type="radio"/> nein <p>1 P.</p>	<p>systematischen Fehler der Studie?</p>
--	--

18.3 Studienbeurteilungen

Formular zur kritischen Besprechung quantitativer Studien (auf Physiotherapie abgeändert)

© Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J. und Westmorland, M., 1998
McMaster Universität

TITEL: Does eccentric endurance training improve walking capacity in patients with coronary artery disease? A randomized controlled pilot study
AUTOREN: Gremeaux, V., Duclay, J., Deley, G., Philipp, J.L., Laroche, D., Pousson, M. und Casillas, J.M.
PUNKTE: 14/18

ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage? Erzielt exzentrisches Ausdauertraining bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit einen funktionellen Effekt? → Funktioneller Effekt von exzentrischem Ausdauertraining bei Herzpatienten
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Exzentrisches Ausdauertraining wurde bei Herzpatienten bereits in vorangehenden Studien durchgeführt, der Effekt wurde jedoch noch nicht funktionell (v.a. während dem Gehen) gemessen.
DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. RCT: Randomisation, Experiment- und Kontrollgruppe → Messung der funktionellen Wirksamkeit von exzentrischem Ausdauertraining Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)? Studiendesign entsprach der Studienfrage → Bereits vorangegangene Fallstudien und RCTs bei Gesunden und RCTs bei Herzpatienten. → Ethikkomitee wurde miteinbezogen 1/1 P. Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen. - Teilnehmer waren nicht geblindet. – 1P.
STICHPROBE Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P. Wurde die Stichprobengröße	N=Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). - 14 Männer, zwischen 40-65 Jahre, ausgewählt von einer Herzrehabilitations-Institution. - Ein- und Ausschlusskriterien sind definiert. - Randomisation in 2 Gruppen. Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?

<p>begründet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein <p>0/1 P.</p>	<p>Die Gruppen waren einander ähnlich. 1/1 P.</p> <p><i>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Das Studienprotokoll wurde vom Ethikkomitee überprüft und entspricht den Prinzipien der „Declaration of Helsinki“. Die Probanden mussten nach dem Lesen des Studienprotokolls eine schriftliche Einwilligung geben. 1/1 P.</p>	
<p>OUTCOMEMESSUNGEN Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>Da objektive Messungen. 1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein <p>0/1 P.</p>	<p>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)). Outcome-Messungen: vor und nach der 5-wöchigen Intervention</p>	<p>Verwendete Messungen:</p> <p>Blutdruck, Herzfrequenz, Dyspnoe, klinische Symptome wie Angina pectoris</p> <p>Leg press: von 90° Flexion in maximale Extension, Messung in Newton</p> <p>Speziell angefertigter Stuhl, wobei sich die Probanden mit den Plantarflexoren wegdrücken mussten, Messung in Newton</p> <p>Blutdruck, Herzfrequenz, Herzrhythmus, Atemfrequenz, respiratorischer Quotient, VO₂, Dyspnoe, Kohlenstoffdioxid-Produktion, aerobe Ventilationsschwelle</p>
<p>MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input type="radio"/> entfällt <p>1/1 P.</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere</p>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</i> 5 Wochen, 1,5h Training 3x pro Woche 2 Gruppen. Warm-up, 30 Minuten Fahrradergometer*, 30 Minuten Armvelo, 20 Minuten individuell angepasstes Kraftcircuit, cool-down.</p> <ul style="list-style-type: none"> * konzentrische Gruppe: normaler Fahrradergometer * exzentrische Gruppe: exzentrischer Fahrradergometer * Intensität wurde je nach individueller anzustrebender Herzfrequenz und Schmerzen in den Beinen gesteigert. Im Eintrittstest wurden die Ventilationsschwelle und die zugehörige Herzfrequenz bestimmt. An diesem Wert wurde die Trainingsherzfrequenz definiert. 	

<p><i>Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input type="radio"/> entfällt <p>0/1 P.</p>	<p><i>Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Exzentrischer Fahrradergometer ist im Handel nicht erhältlich.</p> <p><i>Ko-Interventionen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzentrisches und exzentrisches Training war in Standard Rehabilitationsprogramm integriert. - Medikamente
<p>ERGEBNISSE</p> <p><i>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> entfällt <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p><i>War(en) die Analyse(n)methode(n) geeignet?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - keine muskulären Verletzungen und keine Herzrhythmusstörungen während beiden Trainings - Bei beiden Gruppen signifikanter Trainingseffekt bez.: <ul style="list-style-type: none"> - symptomlimitierte VO_2 - maximaler Leistung - Gehstrecke beim 6-Minuten-Gehtest - maximaler Kraft der Knieextensoren und Plantarflexoren - exzentrische Gruppe zeigte: <ul style="list-style-type: none"> - signifikant höhere Kraftzunahme der Plantarflexoren - eine Tendenz zu grösseren Fortschritten bezüglich der symptomlimitierten VO_2 - Kein Zusammenhang zwischen besserer Maximalkraft und den Gehtests.
<p><i>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <p>1/1 P.</p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Eine Person ist ausgeschieden. Rehospitalisation, wegen psychischer Krankheit. → Daten wurden nicht berechnet.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p><i>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p><i>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <p>1/1 P.</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - exzentrisches Ausdauertraining bei Herzpatienten scheint sicher - die Resultate von exzentrischem Ausdauertraining sind vergleichbar mit längeren konzentrischen Trainingsprogrammen, vor allem bezüglich Belastbarkeit während des Gehens und Verbesserungen der symptomlimitierten VO_2. - 5 Wochen exzentrisches Ausdauertraining führt zu grösseren Verbesserungen der Maximalkraft der Plantarflexoren - Wegen dem geringen Energieverbrauch stellt exzentrisches Training eine attraktive Alternative für Herzpatienten dar. <p><i>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kurze Trainingsperiode von 5 Wochen - kleines Sample von 14 Patienten

	<ul style="list-style-type: none">- Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert.- Durch die Ausschlusskriterien und Einschlusskriterien wurden verhältnismässig gute Patienten in die Studie eingeschlossen.- Dosierung wurde nicht begründet und die Trainingsherzfrequenz nicht in Zahlen erläutert. → Studie ist schlecht nachvollziehbar und auch nicht in die Praxis umsetzbar- Kraftcircuit wurde nicht genau erläutert.- Die funktionellen Tests wurden direkt nach der Trainingsperiode durchgeführt. Ob die Übernahme der Kraft in die Funktion dabei schon stattgefunden hat, ist ungewiss.- Kein follow-up → Nachhaltigkeit?
--	---

TITEL: Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities
AUTOREN: LaStayo, P. C., Pierotti, D. J., Pifer, J., Hoppeler, H. und Lindstedt, S. L.
PUNKTE: 10/18

<p>ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</i> Die Autoren wollten herausfinden, ob mit exzentrischem Ausdauertraining die Grösse und Kraft eines Muskels verbessert werden kann. Die Trainingsintensität, anhand der VO_2, wurde dabei so tief gewählt, dass bei konzentrischem Training keine strukturellen und funktionellen Anpassungen geschehen würden. ➔ Effekt von exzentrischem Ausdauertraining auf Muskelstrukturen.</p>
<p>LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i> Es wurden bereits Studien über den Vergleich von exzentrischem und konzentrischem Ausdauertraining bezüglich Muskelultrastruktur durchgeführt. Die Resultate waren jedoch ganz unterschiedlich, von grösseren Veränderungen (bei exzentrischem Training) über gleiche Veränderungen (in beiden Gruppen) oder keine Veränderungen.</p>
<p>DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie</p>	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign.</i> RCT: Gezielte Einteilung der Teilnehmer auf 2 Gruppen. Anschliessende Randomisation der Gruppen auf konzentrisches oder exzentrisches Ausdauertraining. <i>Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)?</i> Design entsprach der Studienfrage ➔ Es gibt bereits vorangegangene Fallstudien und Interventionsstudien. ➔ Es ist kein Ethikverfahren beschrieben, jedoch gesunde Teilnehmer. 1/1 P. <i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i> - Gezielte Einteilung der Teilnehmer auf 2 Gruppen – 1 P. - keine Angaben bezüglich Verblindung der Probanden. – 1 P. - Beurteiler waren nicht geblindet. – 1 P.</p>
<p>STICHPROBE Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein 0/1 P.</p>	<p><i>N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i> - 14 gesunde Männer im Alter von 19-38 Jahren. - Die Probanden wurden in 2 Gruppen eingeteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass die durchschnittliche</p>

<p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <p><input type="radio"/> ja</p> <p><input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p>maximale VO₂ in beiden Gruppen gleich war (Testung zu Beginn).</p> <p>- Keine Angaben zum Trainingszustand der Teilnehmer</p> <p>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Die Gruppen waren einander ähnlich.</p> <p>1/1 P.</p> <p>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p>Darüber ist nichts erwähnt.</p> <p>0/1 P.</p>	
<p>OUTCOMEMESSUNGEN</p> <p>Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>Da objektive Messungen.</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht?</p> <p><input type="radio"/> ja</p> <p><input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</p> <p>- Vor und nach der Intervention: maximale VO₂, maximale Herzfrequenz, respiratorische Quotient, Muskelfaserstruktur, isometrische Kraft der Knieextensoren rechts</p> <p>- während dem Training: VO₂, Herzfrequenz, Leistung (Watt), Ermüdung, Schmerzen in den Beinen, isometrische Kraft der Knieextensoren links (1x/Woche)</p>	
	<p>Outcome Bereiche:</p> <p>Kreislaufreaktionen während exzentrischem und konzentrischem Training</p> <p>Muskelfaserstruktur</p> <p>isometrische Kraft</p> <p>VO₂</p> <p>Herzfrequenz Leistung (Watt)</p> <p>Ermüdung</p> <p>Schmerzen in den Beinen</p>	<p>Verwendete Messungen:</p> <p>maximale VO₂, maximale Herzfrequenz., respiratorische Quotient</p> <p>Biopsie des M. vastus lateralis → Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser, Dichten der Muskelfasern, der Mitochondrien, der Sarkoplasmatischen Retikuli., Muskelfaserdurchschnitt</p> <p>Knieextensoren rechts / links bei 45° Knieflexion</p> <p>Umdrehungen pro Min.</p> <p>Borg-Skala (6-20)</p> <p>VAS</p>
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> nicht angegeben</p>	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</p> <p>- Trainingsdauer: 8 Wochen</p> <p>- konzentrische Gruppe: Training auf normalem Fahrradergometer</p> <p>- exzentrische Gruppe: Training auf exzentrischem Fahrradergometer</p> <p>- Beide Gruppen trainierten bei gleicher Trainingsintensität, (d.h. beim gleichen Prozentsatz der individuell maximalen Herzfrequenz).</p> <p>- Intensität wurde über die Trainingsperiode von 54% der maximalen Herzfrequenz auf 65% gesteigert.</p>	

<p>○ <i>entfällt</i> 1/1 P.</p> <p><i>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</i> ✓ <i>ja</i> ○ <i>nein</i> ○ <i>nicht angegeben</i> ○ <i>entfällt</i> 1/1 P.</p>	<p>- Die Umdrehungszahl wurde in der Woche 5 von beginnenden 50 Umdrehungen/Min. auf 70 Umdrehungen erhöht.</p> <p>- Es wurde wie folgt trainiert: 1. Woche: 2x/ Woche, 15 min. 2. und 3. Woche: 3x/ Woche, 25-30 min. 4. Woche: 4x/ Woche, 30 min. 5. und 6. Woche: 5x/ Woche, 30 min. 7. und 8. Woche: 3x/ Woche, 30 min. (weil sich die exzentrische Gruppe über Fatigue beklagte, musste die Trainingsfrequenz wieder reduziert werden)</p> <p><i>Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i> Exzentrischer Fahrradergometer ist im Handel nicht erhältlich.</p> <p><i>Ko-Interventionen</i> Es wurden keine Ko-Interventionen erwähnt.</p>
<p>ERGEBNISSE <i>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</i> ✓ <i>ja</i> ○ <i>nein</i> ○ <i>entfällt</i> ○ <i>nicht angegeben</i> 1/1 P.</p> <p><i>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</i> ✓ <i>ja</i> ○ <i>nein</i> ○ <i>nicht angegeben</i> ANOVA, da mehrere Outcomes gemessen wurden. 1/1 P.</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - maximale VO_2 und Herzfrequenz: kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen (vor und nach der Intervention) - geleistete Arbeit: bei exzentrischer Gruppe signifikant grösser ($p < 0.0001$) - subjektive Anstrengung der Beine: war in der exzentrischen Gruppe signifikant grösser ($P = 0.001$) - subjektive Ermüdung des gesamten Körpers: keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen - Muskelkater: In den ersten 4 bis 5 Wochen war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen signifikant. ($P = 0.001$) (weil die konzentrische Gruppe gar keinen Muskelkater angab und die exzentrische Gruppe ganz leichten) - isometrische Kraft: nahm bei der exzentrischen Gruppe signifikant zu (in Wo. 7 $p < 0.0001$; 10d nach der Intervention $P = 0.01$), bei der konzentrischen Gruppe keine signifikanten Verbesserungen - Muskelfaserstruktur: <ul style="list-style-type: none"> - Dichte: in beiden Gruppen keine Veränderungen. ($P > 0.05$) (das heisst die Dichten der Muskelfasern, der Mitochondrien oder der Sarkoplasmatischen Retikuli blieben gleich) - Muskelfaserdurchschnitt bei der exzentrischen Gruppe signifikant grösser ($P = 0.003$), bei der konzentrischen Gruppe keine Veränderungen - Kapillardichte bei beiden Trainingsgruppen unverändert - Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser stieg in der exzentrischen Gruppe signifikant an ($P = 0.001$), bei der konzentrischen Gruppe blieb sie gleich (mehr Kapillaren, da Muskelfaserquerschnitt grösser wurde.)
<p><i>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</i> ✓ <i>ja</i></p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p>

<p>○ <i>nein</i> 1/1 P.</p>	<p>Ein Teilnehmer aus der konzentrischen Gruppe schied aus. Handhabung damit ist nicht beschrieben. – 1 P</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN <i>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</i> <input checked="" type="radio"/> <i>ja</i> <input type="radio"/> <i>nein</i> <input type="radio"/> <i>nicht angegeben</i> 1/1 P.</p> <p><i>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</i> <input checked="" type="radio"/> <i>ja</i> <input type="radio"/> <i>nein</i> 1/1 P.</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse?</i> <i>Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung?</i> <i>Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i> Exzentrische. Fahrradergometrie über 8 Wochen erbringt bei gesunden Probanden Verbesserungen der isometrischen Beinkraft und einen Zuwachs des Muskelfaserquerschnitts, während man bei so geringer Intensität trainierte, dass es konzentrisch keine Verbesserungen geben konnte.</p> <p><i>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</i> <ul style="list-style-type: none"> - Willentliche Einteilung der Probanden auf die Trainingsgruppen. - Kleines Sample von 14 Probanden - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar - Kein follow up → Nachhaltigkeit? - Das Einschlusskriterium „Gesunde Probanden“ ist sehr weit gefasst. </p>

TITEL: Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen
AUTOREN: LaStayo, P.C., Reich, T.E., Urquhart, M., Hoppeler, H. und Lindstedt S.L.
PUNKTE: 11/18

ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein 1/1 P.	Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage? Das Ziel der Studie war es zwei Fragen zu beantworten. 1. Kann exzentrisches Ausdauertraining die lokomotorische Muskelkraft verbessern ohne Muskelverletzungen zu verursachen? 2. Ist es möglich mit exzentrischem Training auf einem niedrigen Energielevel eine Kraftsteigerung zu erlangen, welches bei konzentrischem Training keinen Effekt hätte? ➔ Ist exzentrisches Ausdauertraining für Patienten mit einem niedrigen Energielevel möglich?
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein 0/1 P.	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Es ist nicht viel zur Hintergrundliteratur geschrieben - Exzentrische Muskularbeit kann eine grössere Spannung erzeugen als konzentrische oder isometrische. - Die VO ₂ ist bei der exzentrischen Aktivität geringer als bei konzentrischer. - Exzentrisches Training verursacht Muskelverletzungen, kann jedoch mit „Angewöhnung“ verhindert werden. Notwendigkeit der Studie wird daraus nicht ersichtlich, ist auch nicht beschrieben.
DESIGN <input checked="" type="radio"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="radio"/> Kohortenstudie <input type="radio"/> Einzelfall Design <input type="radio"/> Vorher Nachher Design <input type="radio"/> Fall Kontroll Studie <input type="radio"/> Querschnittsstudie <input type="radio"/> Fallstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. RCT: Randomisation, Experiment- und Kontrollgruppe ➔ Messung Effekt von exzentrischem Ausdauertraining bei geringer Intensität Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)? Studiendesign entsprach der Studienfrage ➔ Bereits vorangegangene Fallstudien ➔ Kein Ethikkomitee, da Teilnehmer Gesunde waren 1/1 P. Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen. - keine Angaben zur Verblindung der Teilnehmer – 1 P. - keine Verblindung der Beurteiler. – 1 P.
STICHPROBE Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein 1/1 P. Wurde die Stichprobengrösse begründet?	N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). - 9 gesunde Probanden zwischen 18 und 34 Jahren - Randomisation in exzentrische oder konzentrische Ausdauertrainings-Gruppe. - exzentrische Gruppe: ein regelmässiger, mittelmässiger Sportler und ein wenig Sport treibender Mann sowie eine wettbewerbsfähige Triathletin und eine regelmässig Sport treibende Frau.

<p> <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein 0/1 P. </p>	<p>- konzentrische Gruppe: 2 unregelmässig sportlich aktive Männer und 3 leicht sportliche Frauen</p> <p><i>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i> Gruppen sind sich nicht ähnlich, da Probanden innerhalb der Gruppen unterschiedliche Trainingslevel aufzeigten. Zusätzlich nahmen Frauen und Männer an der Studie teil. 0/1 P.</p> <p><i>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Kein Ethikverfahren und keine wohlinformierte Zustimmung angegeben. 0/1 P.</p>
<p>OUTCOMEMESSUNGEN Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben Da objektive Messungen. 1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig(valide)? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben 1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht? <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein 0/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</i> Muskelkraft Die maximale willkürlich isometrisch erzeugte Kraft wurde auf einem Dynamometer vor und nach (2-3 Tage) der 6-wöchigen Trainingsperiode, wie auch wöchentlich während den 6 Wochen gemessen.</p> <p>VO₂ Von der 4. bis zur 6. Woche wurde einmal wöchentlich die VO₂ während des Trainings gemessen.</p> <p>Muskelkater der unteren Extremität Anhand der 14cm langen VAS wurde das subjektive Empfinden eines Muskelkaters oder Schmerzen der unteren Extremität objektiviert. Vor und nach der 6-wöchigen Trainingsperiode und vor jedem Training mussten die Teilnehmer ihren Muskelkater einschätzen.</p> <p>Wahrgenommene Anstrengung Die subjektiv wahrgenommene Anstrengung wurde von jedem Teilnehmer für den Körper allgemein und die untere Extremität spezifisch bewertet. Dabei benutzten sie eine Borg RPE Scale von 6-20 und mussten diese während jedem Training angeben.</p>
<p>MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben 1/1 P.</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input type="radio"/> entfällt 1/1 P.</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention)</p>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</i> - Trainingsdauer: 6 Wochen - Das Ausdauertraining wurde für beide Gruppen auf einem Fahrradergometer durchgeführt, wobei das der exzentrischen Gruppe speziell für die Studie angefertigt wurde Dabei wurden die Trainingsfrequenz und -dauer wie folgt progressiv erhöht (bei einer Pedalfrequenz von 50-60 Umdrehungen/Min.) - 1. Woche: 2x/Woche, 10-20 Minuten - 2. Woche: 3x/Woche, 30 Minuten - 3. bis 6. Woche: 5x/Woche, 30 Minuten In den ersten 4 Wochen begannen die exzentrisch trainierenden Probanden mit einer dreifach höheren Arbeitsleistung als die konzentrische Gruppe. Während der 5. Woche wurde die Arbeitsleistung angepasst, um ein</p>

<p>vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben ○ entfällt <p>1/1 P.</p>	<p>Ausgleich der VO_2 zwischen den Gruppen zu erreichen.</p> <p><i>Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Exzentrischer Fahrradergometer ist im Handel nicht erhältlich.</p> <p><i>Ko-Interventionen?</i></p> <p>Es wurden keine Ko-Interventionen erwähnt.</p>
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ entfällt ○ nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>War(en) die Analyse(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben <p>ANOVA, da mehrere Outcomes gemessen wurden.</p> <p>1/1 P.</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <p>Arbeitsbelastung und VO_2</p> <ul style="list-style-type: none"> - die exzentrische Gruppe startete mit einer dreifach höheren Arbeitsleistung als die konzentrische Gruppe. In der 6. Woche wuchs dieser Unterschied auf bis zu siebenfache Differenz. Dabei beanspruchte die exzentrische Gruppe weniger oder gleich viel Sauerstoff wie die konzentrische Gruppe <p>VAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - In den ersten 2-3 Wochen gab die exzentrische Gruppe nur minimale Schmerzen der unteren Extremität auf der VAS an, wobei keine Kraftveränderung stattfand - Nach der 3. Woche waren bei allen Teilnehmern keine Beschwerden der unteren Extremität mehr vorhanden. <p>Borg</p> <ul style="list-style-type: none"> - die subjektiv wahrgenommene Ermüdung der Beine wurde von der exzentrischen Gruppe in der 1. Woche höher eingeschätzt, jedoch wurde danach zwischen den Gruppen keinen Unterschied mehr verzeichnet. <p>Muskelkraft:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die isometrische Kraft der exzentrischen Gruppe ist um 33% (gemessen in der 6. Woche) und um 27% (gemessen 2 -3 Tage nach der 6-wöchigen Trainingsperiode) signifikant gestiegen ($p < 0.05$). - In keiner Periode wurde eine signifikante Verbesserung der isometrischen Kraft der konzentrischen Gruppe gemessen. - Jedoch wurden signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) bezüglich isometrischer Kraft zwischen den Probanden in beiden Gruppen festgestellt.
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein <p>1/1 P.</p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Es gab keine Ausscheidungen.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben 	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</i></p> <p>Exzentrisches Training kann, wenn es zu Beginn langsam</p>

<p>1/1 P.</p> <p><i>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</i></p> <p><input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>gesteigert wird, mit minimalem Muskelkater und ohne Muskelverletzungen die Muskelkraft steigern. Dabei wird das Herz-Kreislaufsystem minimal beansprucht. Dies ist ein interessanter Ansatz für ältere Personen und Menschen mit kardiovaskulären Erkrankungen. Das Ziel dieser Trainingsart ist die Vermeidung der Muskelatrophie durch Immobilisation aufgrund der verminderten Belastbarkeit.</p> <p><i>Welches waren die hauptsächlichsten Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Heterogene Gruppen → Gruppeneffekt ist nicht so deutlich, da der Grundumsatz bei Männern und Frauen verschieden ist.- Das Einschlusskriterium „Gesunde Probanden“ ist sehr weit gefasst.- Die Gruppen waren einander nicht ähnlich.- Kleines Sample von 9 Personen.- Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar- Kein follow up → Nachhaltigkeit?
---	---

TITEL: Eccentric Exercise in Coronary Patients: Central Hemodynamic and Metabolic Responses
AUTOREN: Meyer, K., Steiner, R., Lastayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Sander, H. und Hoppeler, H.
PUNKTE: 13/18

ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage? Die Autoren wollten die zentralen hämodynamischen und metabolischen Reaktionen von Herzpatienten während exzentrischem Ausdauertraining mit der herkömmlichen konzentrischen Veloergometrie vergleichen und bewerten. ➔ Herzkreislauf-Reaktionen bei Herzpatienten auf exzentrisches Ausdauertraining
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Es gibt noch keine Daten über die zentralen Kreislauf-Reaktionen während exzentrischem Ausdauertraining. Um Herzpatienten sicher zu trainieren, sind diese Informationen wichtig.
DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. RCT: Randomisation, Experiment- und Kontrollgruppe ➔ Messung Herzkreislauf-Reaktionen bei Herzpatienten auf exzentrisches Ausdauertraining. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)? Studiendesign entsprach der Studienfrage ➔ Bereits vorangegangene Fallstudien bei Gesunden ➔ Ethikkomitee wurde miteinbezogen 1/1 P. Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen. - Teilnehmer waren nicht geblindet – 1 P. - Beurteiler waren nicht geblindet – 1 P.
STICHPROBE Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P. Wurde die Stichprobengrösse begründet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Das Ethikkomitee beschränkte die Anzahl der Teilnehmer, da exzentrisches Training noch nie bei Herzpatienten durchgeführt wurde. (wird in der Studie von Steiner et al. (2003),	N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). - 13 Herzpatienten mit wiedererlangter und/oder leicht reduzierter Funktion des linken Ventrikels, zwischen 40 und 60 Jahren - 10 Teilnehmer: Myokardinfarkt, 9 Teilnehmer: Arterienverengung, 3 Teilnehmer: Bypass Operation, die Diagnose eines Teilnehmers ist nicht definiert. - Ausschlusskriterien sind definiert. - Randomisation in 2 Gruppen (exzentrisch und konzentrisch) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich? Die Gruppen waren einander ähnlich. 1/1 P.

<p>die beiden Studien wurden zusammen durchgeführt) 1/1 P.</p>	<p><i>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Das Studienprotokoll wurde von einem Ethikkomitee überprüft. Vor der Teilnahme gaben alle Probanden ein schriftliches Einverständnis. 1/1 P.</p>	
<p>OUTCOMEMESSUNGEN Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht angegeben Da objektive Messungen. 1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht angegeben 1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht? <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein 0/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</i> - Ende 5. Woche: zentrale Hämodynamik (mittels Rechtsherzkatheter) während eines 20-minütigen exzentrischen oder konzentrischen Trainings gemessen (bei 60% der maximalen VO_2 und/oder 85% der maximalen Herzfrequenz) - Anfang und in der 8. Woche: - Echokardiographie in Rückenlage → messen der Funktion des linken Ventrikels - Test auf dem Fahrradergometer → messen von Veränderungen der kardiopulmonalen Belastbarkeit</p>	<p><i>Outcome Bereiche:</i> - Zentrale Hämodynamik (in den Pausen und nach 5, 10,15 und 20 Minuten während der Übung)</p> <p><i>Verwendete Messungen:</i> - zentrale Venendruck (Blutdruck im rechten Vorhof) - pulmonale Kapillardruck - Sauerstoffsättigung der Arteria pulmonalis - arterielle Sauerstoffsättigung - systemisch arterieller Blutdruck - Herzfrequenz - Laktatkonzentration Blut</p> <p>Daraus wurde errechnet: - arteriovenöse Sauerstoff-Unterschied - Schlagvolumenindex - Herzzeitvolumen - Herzindex - periphere Gesamtgefäßwiderstand - linksventrikuläre Schlagarbeit</p> <p>- kardiopulmonale Belastbarkeit</p> <p>- maximale Leistung (Watt) - VO_2</p>
<p>MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> nicht angegeben 1/1 P.</p> <p>Wurde Kontaminierung vermieden? <input checked="" type="checkbox"/> ja</p>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</i> - 8 Wochen, 3x/Wochen à 30 min. - Konzentrische Gruppe: trainierte auf einem Standardfahrradergometer - Exzentrische Gruppe: trainierte auf einem speziell angefertigten Fahrradergometer - Trainingsintensität wurde für beide Interventionsgruppen bis Ende 5. Woche auf 60% der maximalen VO_2 und/oder 85% der maximalen Herzfrequenz gesteigert.</p>	

<ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <i>nein</i> <input type="radio"/> <i>nicht angegeben</i> <input type="radio"/> <i>entfällt</i> <p>1/1 P.</p> <p><i>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <i>ja</i> <input checked="" type="radio"/> <i>nein</i> <input type="radio"/> <i>nicht angegeben</i> <input type="radio"/> <i>entfällt</i> <p>0/1 P.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Die Patienten konnten die Tretkadenz selbständig wählen. Die Durchschnittskadenz betrug in der konzentrische Gruppe 80, in der exzentrischen Gruppe 50. <p><i>Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</i></p> <p>Exzentrischer Fahrradergometer ist im Handel nicht erhältlich.</p> <p><i>Ko-Interventionen</i></p> <p>Sind in dieser Studie nicht explizit erwähnt, jedoch in der Studie von Steiner et al. (2003).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Trainingsprogramm war in ein Rehabilitationsprogramm integriert. - Die Patienten nahmen Medikamente
<p>ERGEBNISSE</p> <p><i>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> <i>ja</i> <input type="radio"/> <i>nein</i> <input type="radio"/> <i>entfällt</i> <input type="radio"/> <i>nicht angegeben</i> <p>1/1 P.</p> <p><i>War(en) die Analyse(n) geeignet?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> <i>ja</i> <input type="radio"/> <i>nein</i> <input type="radio"/> <i>nicht angegeben</i> <p>1/1 P.</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die maximale Leistungskraft ist bei der exzentrischen Gruppe markant grösser (Dabei trainierten alle Probanden beim selben prozentualen Anteil der maximalen Herzfrequenz (64% in der ersten Woche, 75% in der achten Woche).) - Es wurde bei allen Teilnehmer kein signifikanter Muskelkater, noch andere Muskelbeschwerden verzeichnet. - Die subjektiv wahrgenommene Anstrengung zwischen den beiden Gruppen war statistisch nicht signifikant unterschiedlich. - In den Pausen waren die Durchschnittswerte der hämodynamischen Parameter im normalen Range und zwischen den Gruppen ähnlich. - Nach 5 min. Ausdauertraining war die VO_2, die Herzfrequenz, der durchschnittliche pulmonale Kapillardruck, der Schlagvolumenindex, die linksventrikuläre Schlagarbeit sowie die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz signifikant in beiden Gruppen angestiegen. - Zwischen den Gruppen gab es signifikante Unterschiede bei der VO_2, der Herzfrequenz, der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz und dem Laktat im Blut. - Nach 8 Wochen Training war die Ejektionsfraktion des linken Ventrikels in der exzentrischen Gruppe signifikant gestiegen. - Die maximale Leistungskraft verbesserte sich bei beiden Gruppen signifikant, wobei die VO_2 nur in der exzentrischen Gruppe signifikant anstieg.
<p><i>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> <i>ja</i> <input checked="" type="radio"/> <i>nein</i> <p>0/1 P.</p>	<p><i>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</i></p> <p>Es sind keine Ausscheidungen beschrieben. Jedoch beschreibt die Studie von Steiner et al. (2003) die Ausscheidung eines Probanden.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND</p>	<p><i>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse?</i></p>

<p>KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p>✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p>✓ ja ○ nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obwohl des fast 4x grösseren muskulären Stresses während exzentrischem Ausdauertraining, waren die kardiovaskulären Reaktionen vergleichbar mit denen der konzentrischen Gruppe → alle hämodynamischen Parameter waren im normalen Range - Exzentrisches Ausdauertraining als neuer Ansatz, um Steigerung der Muskelmasse und –kraft bei Herzpatienten zu erzielen - Die Messungen wurden bei gering eingeschränkten Herzpatienten gemacht. <p>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kleines Sample von 13 Patienten - Herzpatienten mit nur minimalen Dysfunktionen ausgewählt, aufgrund ungenügenden Wissens bezüglich Reaktionen auf exzentrisches Ausdauertraining bei Herzpatienten. - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Unklar, ob gleiches Sample getestet wurde, wie bei Steiner et al. (2003), da die Ergebnisse leicht differieren. - Die Intensitätssteigerung wurde nach der 5. Woche aus Sicherheitsgründen, aufgrund von Vorgaben des Ethikkomitees, gestoppt. - Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar - Kein follow up → Nachhaltigkeit?
--	---

TITEL: Eccentric endurance training in subjects with coronary artery disease: a novel exercise paradigm in cardiac rehabilitation?
AUTOREN: Steiner, R., Meyer, K., Lippuner, K., Schmid, J.-P., Saner, H., Hoppeler, H.
PUNKTE: 13/18

ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage? Die Autoren wollten strukturelle und funktionelle Anpassungen durch exzentrisches Ausdauertraining bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit untersuchen. ➔ Effekt von exzentrischem Ausdauertraining bei Herzpatienten
LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.	Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde. Vorgängige Studien zeigten, dass exzentrisches Ausdauertraining bei Herzpatienten sicher machbar ist. Nun wollten die Autoren die strukturellen und funktionellen Anpassungen auf das exzentrische Ausdauertraining herausfinden.
DESIGN <input checked="" type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input type="checkbox"/> Fallstudie	Beschreiben Sie das Studiendesign. RCT: Randomisation, Experiment- und Kontrollgruppe ➔ Messung der funktionellen Wirksamkeit von exzentrischem Ausdauertraining Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)? Design entsprach der Studienfrage ➔ Bereits vorangegangene Fallstudien und RCTs bei Gesunden ➔ Ethikkomitee mit einbezogen 1/1 P. Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen. - Teilnehmer waren nicht geblindet. – 1 P. - Beurteiler waren nicht geblindet. – 1 P.
STICHPROBE Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P. Wurde die Stichprobengröße begründet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Das Ethikkomitee beschränkte die Anzahl der Teilnehmer, da exzentrisches Training noch nie bei Herzpatienten durchgeführt wurde. 1/1 P.	N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?). (ist das gleiche Sample wie bei Meyer et al.) - 13 männliche Patienten zwischen 42 und 66 Jahren - Diagnose: stabile koronare Herzkrankheit - Ambulante Patienten zu Beginn eines kardialen Rehabilitationsprogramms im Universitätsspital Bern. - Ein- und Ausschlusskriterien des Samples sind dieselben, wie in der Studie von Meyer et al. (2003). - Randomisation in 2 Gruppen (exzentrisch und konzentrisch) Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich? Die beiden Gruppen weisen beachtliche Unterschiede auf, vor allem bezüglich Körperfett und Auswurfraction des linken Ventrikels.

	<p>0/1 P.</p> <p><i>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Patienten wurden zu Rehabilitationsbeginn über die Studie informiert und das Studien-Protokoll wurde vom lokalen Ethikkomitee „on Human Research“ überprüft. Die Probanden mussten anschliessend eine schriftliche Einverständniserklärung abgeben.</p> <p>1/1 P.</p>		
<p>OUTCOMEMESSUNGEN Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben Da objektive Messungen. 1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben 1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht? <input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein 0/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</i> zu Beginn - BMI vor und nach der Intervention - Körperbau - Muskelkraft - Muskelfaseranalyse Während dem Training - alle 5 Minuten: subjektive Anstrengung</p> <table border="1" data-bbox="644 931 1382 1850"> <tr> <td data-bbox="644 931 1027 1850"> <p><i>Outcome Bereiche:</i> subjektive Anstrengung (Dyspnoe, Ermüdung der Beine)</p> <p>Körperbau</p> <p>Muskelkraft der Knie-Extensoren</p> <p>Muskelfaseranalyse: Biopsie des rechten M. vastus lateralis</p> </td><td data-bbox="1027 931 1382 1850"> <p><i>Verwendete Messungen:</i> Borg-Skala (6-20)</p> <p>- Fettmasse - Körpermasse ohne Fettanteil - Mineralgehalt der Knochenmasse - Muskelmasse der unteren Extremität.</p> <p>- isometrisch - dynamisch konzentrisch - dynamisch exzentrisch</p> <p>- Muskelfaserquerschnitt - Kappilarisierung der Muskelfaser - Dichte Mitochondrien - Dichte subsakrolemmale Mitochondrien - Dichte interfibrilläre Mitochondrien - Dichte der Fetttröpfchen - prozentuale Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser</p> </td></tr> </table>	<p><i>Outcome Bereiche:</i> subjektive Anstrengung (Dyspnoe, Ermüdung der Beine)</p> <p>Körperbau</p> <p>Muskelkraft der Knie-Extensoren</p> <p>Muskelfaseranalyse: Biopsie des rechten M. vastus lateralis</p>	<p><i>Verwendete Messungen:</i> Borg-Skala (6-20)</p> <p>- Fettmasse - Körpermasse ohne Fettanteil - Mineralgehalt der Knochenmasse - Muskelmasse der unteren Extremität.</p> <p>- isometrisch - dynamisch konzentrisch - dynamisch exzentrisch</p> <p>- Muskelfaserquerschnitt - Kappilarisierung der Muskelfaser - Dichte Mitochondrien - Dichte subsakrolemmale Mitochondrien - Dichte interfibrilläre Mitochondrien - Dichte der Fetttröpfchen - prozentuale Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser</p>
<p><i>Outcome Bereiche:</i> subjektive Anstrengung (Dyspnoe, Ermüdung der Beine)</p> <p>Körperbau</p> <p>Muskelkraft der Knie-Extensoren</p> <p>Muskelfaseranalyse: Biopsie des rechten M. vastus lateralis</p>	<p><i>Verwendete Messungen:</i> Borg-Skala (6-20)</p> <p>- Fettmasse - Körpermasse ohne Fettanteil - Mineralgehalt der Knochenmasse - Muskelmasse der unteren Extremität.</p> <p>- isometrisch - dynamisch konzentrisch - dynamisch exzentrisch</p> <p>- Muskelfaserquerschnitt - Kappilarisierung der Muskelfaser - Dichte Mitochondrien - Dichte subsakrolemmale Mitochondrien - Dichte interfibrilläre Mitochondrien - Dichte der Fetttröpfchen - prozentuale Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser</p>		
<p>MASSNAHMEN Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben? <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben 1/1 P.</p>	<p><i>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen).</i> - Trainingsdauer: 8 Wochen - Konzentrisches und exzentrisches Ausdauertraining war in ein Standard Rehabilitationsprogramm integriert. Beide Gruppen hatten deshalb zusätzlich leichte Gymnastik, Stretching- und Entspannungsübungen</p>		

<p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben ○ entfällt <p>1/1 P.</p> <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ja ✓ nein ○ nicht angegeben ○ entfällt <p>0/1 P.</p>	<p>Das Ausdauertraining wurde in beiden Gruppen 3x wöchentlich, 30 min. durchgeführt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die konzentrische Gruppe trainierte auf einem normalen Fahrradergometer - Die exzentrische Gruppe trainierte auf einem exzentrischen Fahrradergometer - Die Trainingsintensität wurde in den ersten 5 Wochen auf 60% der maximalen VO_2 (basierend auf dem Eintrittstest zu Beginn der Studie) gesteigert. Anhand der individuellen Herzfrequenz versuchten die Untersucher die Arbeitsintensität des Stoffwechsels zwischen den Gruppen ungefähr gleich zu halten. <p>Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p>Exzentrischer Fahrradergometer ist im Handel nicht erhältlich.</p> <p>Ko-Interventionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konzentrisches und exzentrisches Ausdauertraining war in ein Standard Rehabilitationsprogramm integriert. - Patienten nahmen Medikamente
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ entfällt ○ nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben <p>t-Test, da kleines Sample</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es gab keine Komplikationen - Gegen Ende der Studie trainierten alle nahe bei 60% der maximalen VO_2 und bei 76% der individuell maximalen Herzfrequenz - geleistete Arbeit: die konzentrische Gruppe trainierte bei 97 Watt, die exzentrische Gruppe bei 338 Watt. <p>Subjektive Anstrengung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - überstieg nie den Wert 11, konzentrische Gruppe: Dyspnoe-Wert eher höher als Ermüdung der Beine exzentrische Gruppe: Dyspnoe-Wert eher tiefer als Ermüdung der Beine <p>BMI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - änderte sich in beiden Gruppen nicht <p>Körperfett:</p> <ul style="list-style-type: none"> - änderte sich nicht in der exzentrischen Gruppe, jedoch in der konzentrischen Gruppe signifikant ($p < 0.001$, von 25.4% auf 24.4%) <p>Muskelmasse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - In beiden Gruppen nahm die Muskelmasse der Beine signifikant zu. - konzentrische Gruppe: Zunahme von 191 Gramm pro Bein ($p < 0.01$) - exzentrische Gruppe: Zunahme von 259 Gramm pro Bein ($p < 0.05$) - Zunahme zwischen den Gruppen war statistisch nicht unterschiedlich

	<p>Muskelkraft:</p> <ul style="list-style-type: none"> - konzentrische Gruppe: keinen Kraftzuwachs bezüglich Maximalkraft - exzentrische Gruppe: signifikante isometrische ($p < 0.05$) und dynamisch konzentrische (langsame Geschwindigkeit: $p < 0.01$; schnelle Geschwindigkeit $p < 0.05$) Maximalkraftverbesserung <p>Die exzentrische Maximalkraft verbesserte sich auch, jedoch nicht statistisch signifikant</p> <p>Muskelbiopsie</p> <ul style="list-style-type: none"> - In beiden Gruppen: Anzahl Kapillaren pro Muskelfaser und Dichte der Mitochondrien blieben unverändert. - konzentrische Gruppe: <ul style="list-style-type: none"> - Muskelfaserquerschnitt nahm zu ($p < 0.05$) <ul style="list-style-type: none"> - subsarkomale Mitochondrien nahmen zu - prozentuale Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser nahm ab - exzentrische Gruppe: <ul style="list-style-type: none"> - subsarkomale Mitochondrien nahmen ab - interfibrilläre Mitochondrien nahmen ab - prozentuale Anteil der Myofibrillen in der Muskelfaser nahm zu
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <p>✓ ja ○ nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Ein Teilnehmer schied aus der Studie aus, der Grund wurde nicht angegeben, dieser Patient wurde in der Studie nicht erfasst.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p>✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p>✓ ja ○ nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</p> <p>Exzentrisches Ausdauertraining können mittelalte Patienten mit koronarer Herzkrankheit ohne muskuloskelettale Probleme gut ausführen und erbringt eine funktionelle Verbesserung. Jedoch ist es notwendig grössere Arbeitsbelastungen während dem exzentrischen Training zu generieren, um das mögliche Potential dieser Trainingsmethode aufzuzeigen.</p> <p>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> - kleines Sample von 12 Personen - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwerte. - Unklar, ob gleiches Sample wie bei Meyer et al. (2003) getestet wurde, da die Ergebnisse leicht differieren. - Steigerung der Trainingsintensität nur während den ersten 5 Wochen, wobei die letzten 3 Wochen mit einer relativ geringen und konstanten Arbeitsbelastung. <p>Aufgrund von Vorgaben des Ethikkomitees durfte man nach einer hämodynamischen Rechtsherzkathetermessung die Trainingsintensität nicht steigern.</p>

	<ul style="list-style-type: none">- Dosierung wurde nicht begründet → nicht in die Praxis umsetzbar- Kein follow up → Nachhaltigkeit?
--	--

TITEL: Cardiopulmonary Responses of Middle-Aged Men Without Cardiopulmonary Disease to Steady-Rate Positive and Negative Work Performed on a Cycle Ergometer
AUTOREN: Chung, F., Dean, E., Ross, J.
PUNKTE: 9/15

<p>ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</i> Die Autoren wollten die physiologischen Reaktionen von Männern im mittleren Alter während exzentrischer und konzentrischer Arbeit auf einem Fahrradergometer bei verschiedenen Umdrehungsfrequenzen vergleichen. ➔ Das Wissen um physiologische Reaktionen auf verschiedene konzentrische und exzentrische Ausdauerbelastungen könnte bei der Dosierung von Ausdauertraining bei Herzpatienten helfen.</p>
<p>LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i> Die physiologischen Reaktionen auf exzentrische Arbeit ist bei älteren Erwachsenen noch nicht bekannt (nur bei jungen Probanden und bei konzentrischer Arbeit)</p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input checked="" type="checkbox"/> Fallstudie 	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign. Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)?</i> Fallstudie: um Informationen über die Beziehung zwischen einer bestimmten Behandlung (Exposition) und einem interessierenden Ergebnis zu gewinnen. ➔ wenn man noch wenig über eine Behandlung weiss, Ergebnisse sind jedoch nur als Beschreibung einer spezifischen Situation zu interpretieren. ➔ Grundlage für weitere Studien. ➔ Keine Intervention → physiologische Reaktionen während konzentrischer und exzentrischer Arbeit messen.</p> <p><i>Studiendesign entsprach der Studienfrage:</i> ➔ noch wenige Kenntnisse über die physiologischen Reaktionen während exzentrischer Arbeit bei älteren Erwachsenen. ➔ Ethische Frage berücksichtigt: bei Gesunden gemacht, da noch nicht viel über die Reaktionen auf exzentrische Arbeit bekannt ist. ➔ Zweck: mehr über das Thema herausfinden. 1/1 P.</p> <p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i> - Beurteiler waren nicht geblindet. – 1 P. - Teilnehmer waren nicht geblindet. – 1 P. - Tests wurden am gleichen Tag mit verschiedenen Umdrehfrequenzen durchgeführt → Ermüdung? – 1 P.</p>
<p>STICHPROBE</p>	<p><i>N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie</i></p>

<p>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</p> <p><input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p> <p>Wurde die Stichprobengrösse begründet?</p> <p><input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p>wurde die Stichprobe zusammengestellt?).</p> <ul style="list-style-type: none"> - 12 Männer im Alter zwischen 39 und 65 Jahren - Dabei durfte kein Proband kardiopulmonale Krankheiten aufweisen. - Trainingsniveau der Probanden ist nicht beschrieben. <p>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</p> <p>Es gab keine Gruppen, alle Probanden machten alle Messungen.</p> <p>1/1 P.</p> <p>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</p> <p>Wohlinformierte schriftliche Zustimmung wurde eingeholt. Kein Ethikverfahren, da gesunde Probanden. Probanden gaben wohlinformierte Zustimmung.</p> <p>1/1 P.</p>		
<p>OUTCOMEMESSUNGEN</p> <p>Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>Da objektive Messungen.</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Wurde ein post-follow up gemacht?</p> <p><input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow-up)).</p> <p>Vorbereitung:</p> <p>2 bis 3 Übungslektionen, um die Koordination des exzentrischen und konzentrischen Bewegungsablaufes auf dem Velo zu erlernen.</p> <p>Testung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Teilnehmer wurden in 2 Gruppen randomisiert. - 2 Test-Tage: <ul style="list-style-type: none"> - 1. Test-Tag: bei der einen Gruppe die physiologischen Reaktionen auf exzentrische Belastung und bei der anderen Gruppe die Reaktionen auf konzentrische Belastung ermittelt. - 2. Test-Tag: eine Woche später, umgekehrt. - Jeder Teilnehmer wurde 6x getestet. Davon 3x während konzentrischer und 3x während exzentrischer Ausdauerbelastung. - Die verschiedenen Tests wurden jeweils bei einer Intensität von 60 Watt durchgeführt - jedoch wechselte die Umdrehfrequenz der Pedale (35, 55 oder 75 Umdrehungen pro Minute). Die Reihenfolge der Umdrehfrequenz war bei jeder Testperson zufällig. <p>Messungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zu Beginn der Testung: Grösse und Gewicht → BMI, Lungenfunktionsprüfung - Während den Tests alle 15 Sekunden: VO₂, Atemzeitvolumen, Atemzugvolumen und Atemfrequenz - Während dem Test jede min.: Dyspnoe - Kontinuierlich während dem Test: Herzfrequenz und Herzrhythmus (mittels EKG) - Als Sicherheit wurde kontinuierlich die Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes und jede Minute der Blutdruck gemessen. <table border="1" data-bbox="643 1910 1385 2072"> <tr> <td data-bbox="643 1910 1026 2072">Outcome-Bereiche: Charakteristika des Samples</td> <td data-bbox="1034 1910 1385 2072">Verwendete Messungen: BMI, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Lungenfunktionsprüfung, Dyspnoe (Borg 1-10)</td> </tr> </table>	Outcome-Bereiche: Charakteristika des Samples	Verwendete Messungen: BMI, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Lungenfunktionsprüfung, Dyspnoe (Borg 1-10)
Outcome-Bereiche: Charakteristika des Samples	Verwendete Messungen: BMI, Blutdruck, Sauerstoffsättigung, Lungenfunktionsprüfung, Dyspnoe (Borg 1-10)		

	<p>Atmung</p> <ul style="list-style-type: none"> - VO₂ - Atemzeitvolumen - Atemzugvolumen - Atemfrequenz <p>Herz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Herzfrequenz - Herzrhythmus 	
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input type="radio"/> entfällt <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <input type="radio"/> entfällt 	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p>Keine Massnahmen, nur Messungen.</p>	
<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> entfällt <input type="radio"/> nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>War(en) die Analysemethoden(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben <p>ANOVA, da mehrere Outcomes gemessen wurden.</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</p> <p>Charakteristika des Samples</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blutdruck im normalen Range - Sauerstoffsättigung durchschnittlich 97% - BMI durchschnittlich 26,1 kg/m² (zwischen 21.8 und 31.5) - Lungenfunktionstest im normalen Bereich - Borg Dyspnoe stieg bei exzentrischer und konzentrischer Gruppe um jeweils einen Punkt an. <p>VO₂</p> <ul style="list-style-type: none"> - während exzentrischer Belastung geringer als bei konzentrischer. ($p < 0.001$) - Die Pedalfrequenz hat einen Einfluss auf die VO₂ ($P = 0.002$) - VO₂ nahm bei konzentrischer Belastung linear mit der Höhe der Tretfrequenz zu ($p < 0.01$) - Bei exzentrischer Belastung war die VO₂ bei einer Tretfrequenz von 55 Umdrehungen pro Minute am geringsten. - Die VO₂ während exzentrischer Arbeit war 55% der VO₂ während konzentrischer Arbeit. <p>Herzfrequenz</p> <ul style="list-style-type: none"> - war während exzentrischer Belastung geringer als während konzentrischer ($p < 0.001$). - Die Pedalfrequenz hat einen Einfluss auf die Herzfrequenz ($p = 0.003$). 	

	<ul style="list-style-type: none"> - nahm bei konzentrischer Belastung linear mit der Höhe der Tretfrequenz zu. ($p < 0.05$) - Bei exzentrischer Belastung war die Herzfrequenz bei einer Tretfrequenz von 55 Umdrehungen pro Minute am geringsten. <p>Atemzeitvolumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - war während exzentrischer Belastung geringer als während konzentrischer ($p < 0.001$) - Die Pedalfrequenz hat einen Einfluss auf das Atemzeitvolumen ($p < 0.01$) - war bei 75 Umdrehungen pro Minute bei beiden Gruppen am grössten. ($p < 0.05$) <p>Atemzugvolumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - war während exzentrischer Belastung geringer als während konzentrischer ($p < 0.001$) - Die Pedalfrequenz hat einen Einfluss auf das Atemzugvolumen ($p = 0.03$) - nahm bei beiden Belastungen linear mit der Höhe der Tretfrequenz zu ($p < 0.05$) <p>Atemfrequenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Ergebnisse ergeben keinen Unterschied zwischen den beiden Arbeitsbelastungen.
<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben, und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Es gab keine Ausscheidungen.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p><input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p><input checked="" type="radio"/> ja</p> <p><input type="radio"/> nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Für Patienten mit starker kardiopulmonaler Belastungseinschränkung, welche nicht von konzentrischem Training profitieren können, wäre das exzentrische Ausdauertraining eine Alternative. Exzentrisches Training benötigt bei gleicher Leistung eine geringere aktive Muskelkontraktion, weniger Energie und weniger Atmungsarbeit als das konzentrische Training. - Exzentrische Muskelarbeit bei geringer Intensität ist nicht zu vergleichen mit konzentrischem Training bei einer ebenso geringen Intensität. - Exzentrisches Training ist bei älteren Menschen gut durchführbar <p>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Messungen wurden bei nur 60 Watt gemacht. - Kleines Sample von 12 Teilnehmer - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Tests wurden am gleichen Tag mit verschiedenen

	<p>Umdrehfrequenzen durchgeführt → Ermüdung?</p> <ul style="list-style-type: none">- Die Dosierung des Tests wurde nicht begründet.- Es wird nicht klar, wie lange ein Test pro Trekkadenz dauerte.
--	--

TITEL: Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments
AUTOREN: Dufour, SP., Lampert, E., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Billat, V.L., Piquard, F. und Richard, R.
PUNKTE: 9/15

<p>ZIEL DER STUDIE Wurde der Zweck klar angegeben? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Skizzieren Sie das Ziel der Studie. Inwiefern bezieht sich die Studie auf Physiotherapie und/oder Ihre Forschungsfrage?</i> Die Autoren wollten 1. die Herzfrequenz während exzentrischem und konzentrischem Velofahren ermitteln, wobei beide Gruppen die gleiche VO_2 (gemessen in Liter/Minute oder ml/kg/min) hatten. 2. abschätzen, in wie fern die Schwankungen der Herzfrequenzen der Probanden innerhalb der Gruppen (exzentrisches und konzentrisches Ausdauertraining) übereinstimmen. ➔ Kreislaufanpassungen bezüglich VO_2 und Herzfrequenz während exzentrischer Fahrradergometer-Belastung beschreiben.</p>
<p>LITERATUR Wurde die relevante Hintergrundliteratur gesichtet? <input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein 1/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie die Notwendigkeit der Studie gerechtfertigt wurde.</i> Die Ausdauerleistung einer Person wird anhand der VO_2 gemessen und nicht an der Herzfrequenz. Eine gleiche Herzfrequenz von zwei Personen während exzentrischer und konzentrischer Arbeit bedeutet nicht die gleiche VO_2. Viele vielversprechende Resultate über exzentrisches Ausdauertraining haben dies nicht berücksichtigt. Das Wissen über die individuelle Beziehung zwischen Herzfrequenz und VO_2 während exzentrischem Training (mit einem IET = Test, bei welchem sich die Übungsintensität steigert) würde praktische Infos für Trainings- und Rehabilitationsansätze geben.</p>
<p>DESIGN</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> randomisierte kontrollierte Studie (RCT) <input type="checkbox"/> Kohortenstudie <input type="checkbox"/> Einzelfall Design <input type="checkbox"/> Vorher Nachher Design <input type="checkbox"/> Fall Kontroll Studie <input type="checkbox"/> Querschnittsstudie <input checked="" type="checkbox"/> Fallstudie 	<p><i>Beschreiben Sie das Studiendesign.</i> Fallstudie: um Informationen über die Beziehung zwischen einer bestimmten Behandlung (Exposition) und einem interessierenden Ergebnis zu gewinnen. ➔ Sinnvoll wenn noch wenig Wissen über eine Behandlung vorhanden ist ➔ Ergebnisse sind jedoch nur als Beschreibung einer spezifischen Situation zu interpretieren. ➔ Grundlage für weitere Studien. ➔ Keine Intervention; Messungen physiologischer Reaktionen während konzentrischer und exzentrischer Arbeit.</p> <p><i>Entsprach das Design der Studienfrage (z.B. im Hinblick auf den Wissensstand zur betreffenden Frage, auf Ergebnisse (Outcomes), auf ethische Aspekte)?</i> - noch wenige Kenntnisse über das Verhalten der Herzfrequenz auf exzentrische und konzentrische Arbeit bei gegebener VO_2. - Ethische Frage wurde berücksichtigt: Die Studie wurde bei Gesunden gemacht, da noch nicht viel über die Reaktionen auf exzentrische Arbeit bekannt sind. - Zweck: mehr über das Thema und die Machbarkeit bei Patienten mit herabgesetzter Belastbarkeit herausfinden. 1/1 P.</p>

	<p><i>Spezifizieren Sie alle systematischen Fehler (Verzerrungen, bias), die vielleicht aufgetreten sein könnten, und in welche Richtung sie die Ergebnisse beeinflussen.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Teilnehmer waren nicht geblindet. – 1 P. - Beurteiler waren nicht geblindet. – 1 P. - Tests wurden am gleichen Tag durchgeführt, zuerst konzentrisch, dann exzentrisch → Ermüdung? – 1 P.
<p>STICHPROBE <i>Wurde die Stichprobe detailliert beschrieben?</i></p> <p><input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p> <p><i>Wurde die Stichprobengröße begründet?</i></p> <p><input type="radio"/> ja <input checked="" type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p><i>N = Stichprobenauswahl (wer, Merkmale, wie viele, wie wurde die Stichprobe zusammengestellt?).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 gesunde junge Männer, durchschnittlich 28-jährig - Alle Probanden nahmen keine Medikamente und gaben keine Muskeln-, Sehnen- oder Gelenks-Beschwerden an. - Keine Angaben bezüglich des Trainingszustandes der Probanden. <p><i>Bei mehr als einer Gruppe: Waren die Gruppen ähnlich?</i> Es gab keine Gruppen, alle Probanden machten beide Tests am gleichen Tag.</p> <p>1/1 P.</p> <p><i>Beschreiben Sie die Ethik Verfahren. Wurde wohlinformierte Zustimmung eingeholt?</i> Alle Probanden wurden im Vorfeld über Risiken und das Studienprotokoll informiert. Danach mussten sie eine wohlinformierte Einwilligung geben.</p> <p>1/1 P.</p>
<p>OUTCOMEMESSUNGEN <i>Waren die Outcome-Messungen zuverlässig (reliabel)?</i></p> <p><input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>Da objektive Messungen.</p> <p>1/1 P.</p> <p><i>Waren die Outcome-Messungen gültig (valide)?</i></p> <p><input checked="" type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p><i>Wurde ein post-follow up gemacht?</i></p> <p><input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein</p> <p>0/1 P.</p>	<p><i>Geben Sie an, wie oft Outcome-Messungen durchgeführt wurden (also vorher, nachher, bei Nachbeobachtung (pre-, post-follow up)).</i></p> <p>Gerät Die Vorbereitung sowie die Testung wurden auf einem speziellen motorisierten Sitzfahrradergometer durchgeführt.</p> <p>Vorbereitung 2 Wo Vorbereitung, um sich das konzentrische und exzentrische Velofahren anzueignen.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Angewöhnung (exzentrisch → Muskelkater) - Vermeidung Muskeln-, Sehnen-, Gelenks-Probleme - In jeder Lernstunde wurde die Intensität von anfänglichen 100 Watt auf 200 Watt gesteigert. <p>Testung 2 Testungen pro Proband</p> <ul style="list-style-type: none"> - entweder konzentrisch oder exzentrisch bei 80 Umdrehungen / Minute auf dem Fahrradergometer <p>Vor jedem Test wurden Messungen in Ruhe durchgeführt, wobei die Teilnehmer 10 Minuten auf dem Fahrradergometer sitzen mussten.</p> <p>1. Test konzentrische Muskelarbeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beginnende Arbeitsbelastung bei 50 Watt, alle 3 Minuten Steigerung um 50 Watt, bis der Proband ermüdete. - Ob der Proband seine maximale Leistungsfähigkeit erreicht hatte, wurde anhand der folgenden Kriterien gemessen: <ul style="list-style-type: none"> - Stagnation der VO₂, obwohl die Intensität erhöht wurde. (v.a. anaerobe Glykolyse)

	<ul style="list-style-type: none"> - Respiratorische Quotient (RER) ist grösser als 1.15 - Blutlaktat-Level ist höher als 8 mmol/Liter - Herzfrequenz ist höher als 90% der theoretischen maximalen Herzfrequenz des Probanden <p>2. Test exzentrische Muskelarbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorgang gleich wie beim Test konzentrische Muskelarbeit <p>Da die Studie zum Ziel hatte, Kreislauf-Reaktionen von konzentrischer und exzentrischer Ausdauerbelastung bei identischer mechanischer Intensität (287 Watt) zu messen, wurden die Daten während dem exzentrischen Test nicht über der konzentrischen maximalen Arbeitsleistung durchgeführt.</p> <p>Messungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontinuierlich: VO_2, Abatmung Kohlenstoffdioxid, Herzfrequenz, Schlagvolumen, (dementsprechend Herzzeitvolumen und arteriovenöse Sauerstoffdifferenz) - Vor und nach dem Test: Laktatkonzentration im Blutplasma <table border="1" data-bbox="644 898 1382 1397"> <tr> <td data-bbox="644 898 1023 1048"> Outcome-Bereiche: Gasaustausch pro Atemzug </td><td data-bbox="1023 898 1382 1048"> Verwendete Messungen: <ul style="list-style-type: none"> - VO_2 - Abatmung von Kohlenstoffdioxid </td></tr> <tr> <td data-bbox="644 1048 1023 1167"> Kardiale Messungen </td><td data-bbox="1023 1048 1382 1167"> <ul style="list-style-type: none"> - Herzfrequenz - Schlagvolumen → Herzzeitvolumen </td></tr> <tr> <td data-bbox="644 1167 1023 1301"> Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz </td><td data-bbox="1023 1167 1382 1301"> VO_2 dividiert durch Herzminutenvolumen </td></tr> <tr> <td data-bbox="644 1301 1023 1397"> Blutparamater </td><td data-bbox="1023 1301 1382 1397"> Laktatkonzentration im Blutplasma </td></tr> </table>	Outcome-Bereiche: Gasaustausch pro Atemzug	Verwendete Messungen: <ul style="list-style-type: none"> - VO_2 - Abatmung von Kohlenstoffdioxid 	Kardiale Messungen	<ul style="list-style-type: none"> - Herzfrequenz - Schlagvolumen → Herzzeitvolumen 	Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	VO_2 dividiert durch Herzminutenvolumen	Blutparamater	Laktatkonzentration im Blutplasma
Outcome-Bereiche: Gasaustausch pro Atemzug	Verwendete Messungen: <ul style="list-style-type: none"> - VO_2 - Abatmung von Kohlenstoffdioxid 								
Kardiale Messungen	<ul style="list-style-type: none"> - Herzfrequenz - Schlagvolumen → Herzzeitvolumen 								
Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	VO_2 dividiert durch Herzminutenvolumen								
Blutparamater	Laktatkonzentration im Blutplasma								
<p>MASSNAHMEN</p> <p>Wurden die Massnahmen detailliert beschrieben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ja ○ nein ○ nicht angegeben <p>Wurde Kontaminierung vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ja ○ nein ○ nicht angegeben ○ entfällt <p>Wurden gleichzeitige weitere Massnahmen (Ko-Intervention) vermieden?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ja ○ nein ○ nicht angegeben ○ entfällt 	<p>Beschreiben Sie kurz die Massnahmen (Schwerpunkt, wer führte sie aus, wie oft, in welchem Rahmen). Könnten die Massnahmen in der physiotherapeutischen Praxis wiederholt werden?</p> <p>Es gab keine Intervention.</p>								

<p>ERGEBNISSE</p> <p>Wurde die statistische Signifikanz der Ergebnisse angegeben?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ja ○ nein ○ entfällt ○ nicht angegeben <p>1/1 P.</p> <p>War(en) die Analysemethode(n) geeignet?</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ja ○ nein ○ nicht angegeben <p>ANOVA, da mehrere Outcomes gemessen wurden.</p> <p>1/1 P.</p>	<p><i>Welches waren die Ergebnisse? Waren sie statistisch signifikant (d.h. $p < 0.05$)? Falls nicht statistisch signifikant: War die Studie gross genug, um einen eventuell auftretenden wichtigen Unterschied anzuzeigen?</i></p> <p>Nach der Vorbereitung hatte kein Teilnehmer Muskelkater → Tests konnten ohne Einschränkungen durchgeführt werden.</p> <p>Exzentrisches versus konzentrisches Velofahren: Ausmass der metabolischen und Kreislauf- Reaktionen Bei gleicher Arbeitsintensität</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die metabolischen und Kreislauf- Reaktionen wurden bei Belastungen von durchschnittlich 287 Watt gemessen (= maximale konzentrische und submaximale exzentrische Arbeit) - VO_2 bei exzentrischer Ausdauerbelastung signifikant geringer ($p < 0.001$) - Herzzeitvolumen und Herzfrequenz sind bei exzentrischer Ausdauerbelastung signifikant kleiner. ($p < 0.001$) - Schlagvolumen war jedoch bei exzentrischer und konzentrischer Belastung gleich. - arteriovenöser Sauerstoffunterschied war bei exzentrischer Arbeit signifikant geringer. (d.h. exzentrische Arbeit braucht weniger Sauerstoff). ($p < 0.001$) - Die oben erwähnten signifikanten Unterschiede sind über die ganze Belastungsspannbreite (d.h. von 50 bis 300 Watt) zu erkennen. - Blutlaktatwerte stiegen bei exzentrischer Arbeit bis 300 Watt nicht an. <p>Bei gleicher VO_2</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bei der konzentrischen Belastung erreichten die Teilnehmer eine VO_2 von 1 l/Min. bei 50 Watt und bei exzentrischer Belastung bei durchschnittlich 256 Watt. Die Autoren schlossen aus diesem Ergebnis Folgendes: Die VO_2 während exzentrischer Belastung beträgt ca. 1/5 der VO_2 während konzentrischer Belastung. → Dieser Rückschluss ist nach Ansicht der Autorinnen dieser Arbeit falsch. Aus dem genannten Resultat kann nur geschlossen werden, dass eine 5-fach grössere mechanische Leistung während exzentrischer Ausdauerbelastung erzielt werden kann als während konzentrischer. Ein weiteres Resultat dieser Studie zeigt bei gleicher mechanischer Belastung, dass die VO_2 während exzentrischer Arbeit die Hälfte VO_2 während konzentrischer Belastung beträgt - Beim exzentrischen Training war die arteriovenöse Sauerstoffdifferenz signifikant kleiner ($p < 0.001$) (da die Herzfrequenz höher war und somit auch das Herzzeitvolumen). - Das Schlagvolumen war nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Trainingsarten. <p>Interindividuelle Varianten der Kreislauf-Reaktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beim exzentrischen Test reagierten alle Teilnehmer beträchtlich unterschiedlich mit der Herzfrequenz und dem Herzzeitvolumen.
--	---

<p>Wurden Fälle von Ausscheiden aus der Studie angegeben?</p> <p>✓ ja ○ nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Schieden Teilnehmer aus der Studie aus? Warum? (Wurden Gründe angegeben und wurden Fälle von Ausscheiden angemessen gehandhabt?)</p> <p>Es schieden keine Teilnehmer aus.</p>
<p>SCHLUSSFOLGERUNGEN UND KLINISCHE IMPLIKATIONEN</p> <p>Wurde die klinische Bedeutung angegeben?</p> <p>✓ ja ○ nein ○ nicht angegeben</p> <p>1/1 P.</p> <p>Waren die Schlussfolgerungen angemessen im Hinblick auf Methoden und Ergebnisse der Studie?</p> <p>✓ ja ○ nein</p> <p>1/1 P.</p>	<p>Welches war die klinische Bedeutung der Ergebnisse? Waren die Unterschiede zwischen Gruppen (falls es Gruppen gab) klinisch von Bedeutung? Zu welchem Schluss kam die Studie? Welche Implikationen haben die Ergebnisse für die physiotherapeutische Praxis?</p> <p>Bei einem gegebenen Level einer VO_2 (mehr als 1l/Min) sind die Herzfrequenz und das Herzzeitvolumen während exzentrischer Aktivität höher und der arteriovenöse Sauerstoffunterschied kleiner als während konzentrischer Aktivität. Beim exzentrischen Training ist also die Herzfrequenz höher, um den gleichen Level der VO_2 zu erreichen wie beim konzentrischen Training. Darüber hinaus zeigt diese grössere Kreislaufbeanspruchung interindividuelle Unterschiede. Die Teilnehmer dieser Studie waren gesunde Männer, die Resultate dieser Studie sollten mit Vorsicht auf Herzpatienten angewendet werden. Dazu benötigt es noch weitere Studien. Ebenso benötigt es weitere Studien zu Themen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ist die Reaktion der Herzfrequenz abhängig vom Fitnesslevel des jeweiligen Teilnehmers? - Können die Herzfrequenz-Unterschiede mit dem Training verändert werden? <p>Welches waren die hauptsächlichen Begrenzungen oder systematischen Fehler der Studie?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beide Messungen wurden am selben Tag durchgeführt → Ermüdung? - Kleines Sample von 8 Teilnehmer - Studie wurde mit ausschliesslich Männern durchgeführt, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Patientinnen erschwert. - Dosierung des Tests wurde nicht begründet.

18.4 Energiestoffwechsel

Die Autorinnen gehen in diesem Kapitel auf den Energiestoffwechsel ein, als Grundlage für die Ausdauerleistung im Kapitel 8.

18.4.1 Energiequellen

Laut Van den Berg et al. (2003) existieren sechs verschiedene Arten von Energie: mechanische, chemische und elektrische Energie sowie Kernenergie, Wärme und Licht. Dabei kann jede Energieart in eine andere überführt werden, ohne dass Energie verloren geht.

Werden komplexe und organische Moleküle in kleinere Bestandteile abgebaut, wird Energie frei. Dieser Vorgang wird als Katabolismus bezeichnet. Meist werden zuerst Kohlenhydrate, danach in geringerer Masse Fette (Lipide) und selten Aminosäuren katabolisiert. (Van den Berg et al., 2003)

„Lebende Zellen benötigen eine konstante Zufuhr freier Energie, hauptsächlich um mechanische Arbeit (Muskelkontraktionen) zu leisten, Moleküle und Ionen zu transportieren sowie Makromoleküle und andere Biomoleküle zu synthetisieren.“ (Van den Berg et al., 2003, S. 197)

Als Grundumsatz wird der Energieverbrauch nach 12 Stunden ohne Nahrungsaufnahme, vollkommener mentaler Ruhe und thermoneutralen Bedingungen bestimmt. Da dies kaum durchführbar ist, gilt der Ruheenergieverbrauch als Energiestoffwechselparameter. Dieser beträgt 50-75% des täglichen Energieverbrauchs. Der Ruheenergieverbrauch ist vor allem vom Alter, der Grösse der metabolisch aktiven Körperzellmasse, dem Geschlecht und den Schilddrüsenhormonen abhängig. Schilddrüsenhormone fördern die Aktivität der ATP spaltenden Enzyme (sogenannte ATPasen) und steigern somit den Grundumsatz.

Durch die Abnahme der Muskelmasse und vermehrten metabolisch inaktiven Fettzellen nimmt der Energieverbrauch im Alter ab. Männer haben einen grösseren Ruheenergieverbrauch als Frauen. (Speckmann, Hescheler, Köhling, 2008)

18.4.2 Energieproduktion

Die Energieproduktion erfolgt in den Mitochondrien und im Zytoplasma der Zellen. Dabei werden die Kohlenhydrate, Fettsäuren und Aminosäuren katabolisiert. Während dieses Vorganges wird Energie freigesetzt, die für die Phosphorylierung gebraucht wird. Phosphorylierung ist der Prozess, bei welchem eine Phosphatgruppe (P) einem anderen Stoff hinzugefügt wird. Um Arbeit zu leisten, benötigt eine Zelle Energie, welche vom ATP,

einem energiereichen Molekül, geliefert wird. (Speckmann et al. 2008; Van den Berg et al., 2003). Bei der Abspaltung der Phosphatgruppe von ATP wird Energie frei (Van Duijn, 2009). ATP wird nicht lange gespeichert, wodurch die Zelle darauf angewiesen ist, dass stetig ATP synthetisiert wird (Van den Berg et al., 2003).

18.4.3 ATP-Quellen im Muskel

In einer Muskelzelle verlaufen folgende Prozesse zur ATP-Gewinnung:

- das Kreatinphosphatsystem
- die Glykolyse
- der Abbau von Fettsäuren

Diese Prozesse werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

18.4.4 Das Kreatinphosphatsystem

Im Kreatinphosphatsystem bindet sich das aminosäureähnliche Kreatin (C) an eine Phosphatgruppe (P) und bildet das hoch energetische Kreatinphosphat (CP). Dieses wird in den Muskelfasern gespeichert und gibt zu einem späteren Zeitpunkt (z.B. unter Belastung) die Phosphatgruppe ab. Da die Bindung von CP sehr energiereich ist, wird bei der Abspaltung der Phosphatgruppe eine grosse Menge an Energie frei. Diese Energie und die Phosphatgruppe werden sofort wieder dafür eingesetzt, um ADP zu ATP zu phosphorylieren.

Die chemischen Formeln dieser Reaktionen werden wie folgt dargestellt:

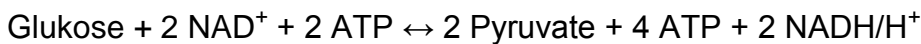


In der Erholungszeit nach der Belastung wird CP wieder aufgebaut und gespeichert. Die dafür benötigte Energie wird durch den Abbau von Nahrungsstoffen geliefert. Der Vorrat von CP in der Zelle ist um 2- 3mal grösser als der Vorrat an ATP.

Das Kreatinphosphatsystem hat den Vorteil, dass es nicht von einer Reihe langer chemischer Reaktionen abhängig ist und somit für den Muskel die schnellste verfügbare Energiequelle darstellt. Auch ist es unabhängig vom Sauerstofftransport und direkt am Ort der Kontraktion verfügbar. Da der Muskel jedoch nur einen bestimmten Vorrat an CP speichern kann, ist die Bereitstellung an Energie beschränkt. Das heisst, dass bei maximaler Anspannung eines Muskels der CP-Speicher innerhalb von 10 Sekunden vollständig verbraucht ist. (Van den Berg et al., 2003)

18.4.5 Die Glykolyse

Die Glykolyse beschreibt den Abbau von Glukose, eines einfachen Kohlenhydratmoleküls (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003). Diese erfolgt in zehn Schritten und generiert dabei Energie in Form von ATP und NADH/H⁺. NADH/H⁺ ist ein Triphosphat, welches wiederum Energie liefern kann. (Horn et al., 2005) Die Glykolyse findet im Zytoplasma statt. Der Nettoenergiegewinn einer Glykolyse beträgt zwei ATP. (Horn et al., 2005; Van den Berg et al., 2003) Die chemische Formel der Glykolyse sieht wie folgt aus:



Für diesen Vorgang wird kein Sauerstoff benötigt. (Horn et al., 2005)

Aerobe Glykolyse

Ist genügend Sauerstoff vorhanden, werden die im Glykolyse-Prozess erhaltenen Stoffe, die Pyruvate und NADH/H⁺, weiter in das Mitochondrium transportiert. Dort werden sie in der Atmungskette oder im Citratzyklus verarbeitet. Dieser gesamte Prozess wird als aerobe Glykolyse bezeichnet. Die Literatur ist sich nicht einig wie gross die gesamte Ausbeute von ATP im vollständigen aeroben Abbau von Glukose ist. In neueren Untersuchungen wird mit einem Gewinn von 32 ATP-Molekülen pro aerob abgebautes Glukose-Molekül gerechnet. (Horn et al., 2005)

Anaerobe Glykolyse

Unter Sauerstoffmangel kann die Atmungskette nicht ablaufen und liefert nicht genügend NAD⁺, welcher für den Ablauf der Glykolyse benötigt wird. Um die Glykolyse weiterhin aufrecht zu erhalten, wird die anaerobe Glykolyse aktiv. Dabei werden die produzierten Stoffe aus dem Glykolyse-Prozess im Zytoplasma weiter verarbeitet. NADH/H⁺ wird zu NAD⁺ abgebaut und das Pyruvat zu Laktat umgewandelt. Dabei entsteht kein ATP. Das Laktat wird anschliessend als Milchsäure ins Blut abgegeben, wobei der pH-Wert sinkt und eine Laktatazidose entsteht. Dadurch kann der pH-Wert im Muskel zu niedrig werden. Als Folge wird in einem Selbstschutz vor der Übersäuerung und den damit eventuell verbundenen Eiweisstrukturzerstörungen, die Glykolyse gehemmt. Das Laktat kann vor allem in der Leber und im Herz wieder zu Pyruvat synthetisiert werden. Somit entstehen bei der anaeroben Glykolyse nur zwei ATP-Moleküle pro Glukose-Molekül und der Energiegewinn ohne Sauerstoff ist deutlich geringer als mit Sauerstoff.

Der anaerobe Abbau der Pyruvate findet statt, sobald zu wenig Sauerstoff in den Muskelzellen vorhanden ist. Dies kann zu Beginn starker Muskelaktivitäten durch verzö-

gerte Anpassung des Herzkreislaufes oder bei erhöhter Ausdauerleistung geschehen. Aufgrund des Sauerstoffmangels übersteigt die Geschwindigkeit der Glykolyse diejenige des Citratzyklus oder der Atmungskette. Somit setzt die anaerobe Glykolyse ein. Nach der Belastung muss für eine kurze Zeit mittels verstärkter Atmung noch weiterhin Sauerstoff zugeführt werden. Dies wird als Sauerstoffschuld bezeichnet. Mit Hilfe des Sauerstoffs werden unter anderem die Kreatinphosphatspeicher wieder aufgefüllt und das Laktat gespalten. (Horn et al., 2005)

18.4.6 Abbau von Fettsäuren

Unter lang anhaltender Belastung wird der aerobe Abbau von Fettsäuren immer wichtiger. Dabei werden die Fettsäuren im Zytoplasma der Muskelzelle in einem eigenen Prozess, der sogenannten β -Oxidation, gespalten. Die erhaltenen Produkte werden wiederum in der Atmungskette oder dem Citratzyklus abgebaut. (Horn et al., 2005) Auch hier ist sich die Literatur über die gewonnene Energie nicht einig. Diese ist abhängig von der Anzahl an Kohlenstoffatomen der abzubauenen Fettsäure (Van den Berg et al., 2003). Laut Horn et al. (2005) wird bei einer vollständigen Katabolisierung von Palmitinsäure (besitzt 16 Kohlenstoffatome) 106 ATP gewonnen. Die Fettverbrennung für die Energiegewinnung ist stark abhängig von der Belastungsdauer, der Art der Arbeit, der eingesetzten Muskelart sowie dem Trainingszustand (Speckmann et al. 2008).

18.5 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADP	Adenosindiphosphat
ATP	Adenosintriphosphat
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
Ca ²⁺	Kalzium-Ion
EKG	Echokardiographie
et al.	und andere
HF	Herzfrequenz
k.D.	kein Datum
kg	Kilogramm
KHK	koronare Herzkrankheit
l/min	Liter pro Minute
m	Meter
max	maximal
min	Minute
ml	Milliliter
mmol	Milli-Mol
n	Stichprobengrösse
NYHA	New York Heart Association; Stadieneinteilung der Herzinsuffizienz
P	Phosphat
p	Überschreitungswahrscheinlichkeit, Signifikanzwert
RCT	Randomized Controlled Trial/randomisierte kontrollierte Studie
ROM	Range of motion/Bewegungsumfang
VAS	Visual Analogue Scale
VO ₂	Sauerstoffaufnahme/-verbrauch
z.B.	zum Beispiel

18.6 Glossar

6 MWD	Die Strecke, welche der Patient während 6 Minuten in seinem maximalen Tempo mit seinen notwendigen Gehhilfen zurücklegt, wird gemessen. (Schädler, Kool, Lüthi, Marks, Oesch, Pfeffer und Wirz, 2006)
Abusus	„Anwendung von Pharmaka oder so genannten Genussmitteln (Alkohol, Tabak und andere) ohne medizinische Indikation bzw. in übermäßiger Dosierung. (WHO)“ (Missbrauch, Pschyrembel online, k.D.)
Aerob	„Sauerstoff zum Leben brauchend.“ (Aerob, Pschyrembel online, k.D.)
Agonist	„Muskel, der eine bestimmte Bewegung (z.B. Flexion oder Extension) verursacht und dabei von einem Antagonisten gehemmt wird.“ (Agonist, DocCheck Flexikon, k.D.)
Akutes Koronarsyndrom	„Abk. ACS; Sammelbez. für akute, unmittelbar lebensbedrohl. Phasen der KHK (instabile Angina pectoris u. alle Formen des Herzinfarkts)“ (Akutes Koronarsyndrom, Pschyrembel online, k.D.)
Alveole	Alveolus pulmonis: Lungenbläschen (Alveole, Pschyrembel online, k.D.)
Angina pectoris	„Brustenge, Herzenge; Bezeichnung für die typischen Symptome einer akuten Koronarinsuffizienz mit plötzlich einsetzenden, Sekunden bis Minuten anhaltenden Schmerzen im Brustkorb [...], die in die linke (seltener rechte) Schulter-Arm-Hand-Region bzw. in die Hals-Unterkiefer-Region sowie auch in den Rücken ausstrahlen [...], häufig besteht ein gürtelförmiges Engegefühl um den Brustkorb mit Erstickungsanfall und Atemnot bis zu Vernichtungsgefühl und Todesangst“ (Pschyrembel, 2004, S. 81)
Antagonist	„In der Anatomie bezeichnet der Begriff Muskeln oder Muskelgruppen, die eine gegenläufige Bewegung wie der Agonist verursachen, z.B. Flexion gegenüber Extension.“ (Antagonist, DocCheck Flexikon, k.D.)
Aorta	von der linken Herzkammer abgehende große Körperschlagader (Aorta, Pschyrembel online, k.D.)
Aortenstenose	„angeborene (ca. 4 % der angeborenen Herzfehler) od. erworbene Einengung des aortalen Ausflusstrakts“ (Aortenstenose, Pschyrembel online, k.D.)
Arterien	Synonyme: „Schlagadern, Pulsadern; Blutgefäße mit vom Herzen wegleitender Strömungsrichtung; führen im Körperkreislauf sauerstoffreiches u. im Lungenkreislauf sauerstoffarmes Blut.“ (Arterien, Pschyrembel online, k.D.)
Arteriosklerose	Synonyme: „Atherosklerose; sog. Arterienverkalkung; wichtigste u. häufigste pathol. Veränderung der Arterien mit Verhärtung, Verdickung, Elastizitätsverlust u. Lumeneinengung.“

	(Arteriosklerose, Pschyrembel online, k.D.)
Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	Abk. AVDO ₂ ; Unterschied im Sauerstoffgehalt zwischen arteriellem (20 Vol%) und venösem (15 Vol%) Blut; kann bei starker körperlicher Anstrengung durch erhöhte Entsättigung auf über 10 Vol% steigen Pschyrembel, 2004, S. 1616) Der arterielle O ₂ -Gehalt des Blutes wird durch den alveolären Sauerstoff-Partialdruck bestimmt. Der venöse Sauerstoffgehalt entspricht der Kapazität der Muskulatur, Sauerstoff aufzunehmen. Die AVDO ₂ gibt Auskunft über die Effizienz des Gasaustausches und beträgt in Ruhe ca. 5-10mmHg (Pokan et al., 2009)
Atemäquivalent	„Ventiliertes Volumen pro Volumen aufgenommenen Sauerstoffs“ (Speckmann et al., 2008, S. 773)
Atemfrequenz	in Ruhe 8-14 Atemzüge pro Minute Abhängig von Alter, körperlicher Anstrengung, psychischer Belastung, Hitzeeinwirkung (Van Gestel, 2010)
Atemminutenvolumen	„Das Atemminutenvolumen [...] ist die Luftmenge, die in einer Minute ein- und ausgeatmet wird. Es lässt sich aus dem Produkt von Atemzugvolumen [...] und Atemfrequenz [...] berechnen“ (Van Gestel, 2010, S. 124)
Atemzugvolumen	„Volumen des Atemgases bei einer normalen Ein- und Ausatmung; beträgt etwa 0,5 l“ Ca. 500ml (Van Gestel, 2010, S. 184)
Atmung	Gasaustausch zwischen den Zellen und der Umgebung (Van Gestel, 2010)
Autonomes Nervensystem	„Gesamtheit der dem Einfluss des Willens u. dem Bewusstsein primär nicht untergeordneten Nerven u. Ganglienzellen, die der Regelung der Vitalfunktionen (Atmung, Verdauung, Stoffwechsel, Sekretion, Wasserhaushalt u. a.) dienen u. das Zusammenwirken der einzelnen Teile des Körpers gewährleisten“ (Autonomes Nervensystem, Pschyrembel online, k.D.)
Azidose	„Störung im Säure-Basen-Haushalt mit Abfall des arteriellen pH unter 7,36; Ausmaß abhängig von Kompensationskapazität (Gegenregulation zur Verhinderung einer Entgleisung)“ (Azidose, Pschyrembel online, k.D.)
Belastungsischämie	„Die Belastungsischämie ist eine Minderdurchblutung (Ischämie) des Herzmuskels, die unter körperlicher Belastung auftritt.“ (Belastungsischämie, DocCheck Flexikon, k.D.)
Biceps brachii, musculus	zweiköpfiger Armmuskel, Funktion: Abspreizen, Heranziehen und Vorwärtshoben des Oberarms im Schultergelenk, Beugung u. Auswärtsdrehung des Unterarms im Ellbogengelenk. (Biceps brachii, Pschyrembel online, k.D.)

Biopsie	„Entnahme einer Gewebeprobe am Lebenden [...]“(Biopsie, Pschyrembel online, k.D.)
Blutdruck	<p>„Abk. BD; Druck in Blutgefäßen und Herzkammern; im engeren Sinne der in beziehungsweise an einer peripheren Arterie in mmHg oder kPa (1mmHg = 133,322 Pa) gemessene arterielle Blutdruck, der die Blutzirkulation bewirkt, abhängig von Herzleistung und Gefäßwiderstand (Tonus und Elastizität der Gefäßwand) ist und durch die Blutdruckregelung gesteuert wird, systolischer Blutdruck: Blutdruck während der Herzsystole (höchster Punkt der Druckkurve bei direkter Blutdruckmessung); diastolischer BD: BD während der Herzdiastole (niedrigster Punkt der Druckkurve).“</p> <p>(Pschyrembel, 2004, S. 240)</p> <p>Zeigt den Druckverlauf in der Aorta in Abhängigkeit von der Herzaktion</p> <p>Druckmaximum: ca. 120 mmHg systolischer Blutdruck</p> <p>Druckminimum: ca. 80 mmHg diastolischer Blutdruck (Steffers und Credner, 2006)</p>
Body Mass Index	<p>„Abk. BMI; [...] Verhältniszahl zur Beurteilung des Körpergewichts; Ermittlung durch Berechnung:</p> $\text{BMI} = \text{Körpergewicht (Kg)} / \text{Körperlänge}^2 (\text{m}^2)$ <p>oder mit Hilfe eines Nomogramms. Der Normalbereich liegt bei 18.5-25Kg/m²“</p> <p>(Pschyrembel, 2004, S. 250)</p>
Borg-Skala	<p>“Zur Bestimmung des subjektiven Anstrengungs- und Kurzatmigkeitsempfindens [...] Der Patient schätzt sein Anstrengungs- und Kurzatmigkeitsempfinden auf einer Skala von 0-10 selbst ein“(Van Gestel, 2010, S. 125)</p>
Bypass-Operation	<p>„Umgehungsplastik; Gefäßstransplantation zur Umgehung beziehungsweise Überbrückung eines Gefäßverschlusses oder stenotischen Prozesses durch proximale und distale seitliche Anastomosierung; funktionelle Rekonstruktion durch Schaffung eines künstlichen Kollateralkreislaufs mit autologer Vene oder allplastischem Material“</p> <p>(Pschyrembel, 2004, S. 277)</p>
Cholesterin	<p>„Cholesterin ist ein fettähnlicher Stoff, der vom Körper zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels benötigt und selber produziert wird (endogenes Cholesterin). Cholesterin wird ausserdem über tierische Nahrungsmitteln zugeführt (exogenes Cholesterin). Eine übermässig hohe Cholesterinkonzentration im Blut kann zu ernsthaften gesundheitlichen Störungen wie Arteriosklerose oder koronare Herzkrankheiten führen.“</p> <p>(Cholesterin, Lexikon Gesundheit Sprechstunde, k.D.)</p>

Diabetes mellitus	„Abk. DM; Zuckerkrankheit; häufigste endokrine Störung; Krankheitsbegriff für verschiedene Formen der Glukosestoffwechselstörung unterschiedlicher Ätiologie und Symptomatik mit relativem oder absolutem Mangel an Insulin als gemeinsames Kennzeichen“ (Pschyrembel, 2004, S. 392)
Diastole	Ventrikelmuskulatur erschlafft und die Segelklappen öffnen sich Besteht aus Erschlaffungs- und Füllungsphase (Steffers et al., 2006)
Dorsalextensoren	Muskeln, die eine Dorsalextension (Winkel zwischen Schienbein und Fußrücken wird kleiner) in dem OSG bewirken. (Hochschild, 2008)
Dynamisch	„die von Kräften erzeugte Bewegung betreffend“ (Dynamisch, Duden online, k.D.)
Dysfunktionen	Funktionsstörung (Pschyrembel, 2004, S. 436)
Dyspnoe	„Mit subjektiver Atemnot einhergehende Erschwerung der Atemtätigkeit, in der Regel mit sichtbar verstärkter Atemarbeit [...] als Ausdruck einer Ateminsuffizienz unterschiedlicher Genese“ (Pschyrembel, 2004, S.443)
Echokardiographie (EKG)	„Synonym Ultraschallkardiographie, Herzsonographie; Verfahren der Ultraschalldiagnostik des Herzens unter Anwendung des Impulsechoverfahrens als Time-motion [...] oder Real-time-Verfahren [...] sowie des Dauerschallverfahrens [...] beziehungsweise die Kombination aus beiden [...] mit gleichzeitiger Aufzeichnung eines EKG; eventuell auch zusätzlich intravenöse Applikation von Kontrastmitteln. Mit dem Impulsechoverfahren sind eine Beurteilung der Morphologie und Bewegungsabläufe von Herzwänden und Herzklappen sowie Messungen von Herzwanddicken, Herzbinnenräumen, Klappenöffnungsflächen und näherungsweise Bestimmungen des Herzminutenvolumens möglich; die Anwendung des Dauerschallverfahrens erlaubt Aussagen über Richtung, Geschwindigkeit und Qualität der Blutströmung.“ (Pschyrembel, 2004, S. 449)
Elektronen-mikroskop	„mit einer Elektronenquelle ausgestattetes Mikroskop, das unter Ausnutzung der sehr kleinen Wellenlänge beschleunigter Elektronen ein besonders hohes Auflösungsvermögen besitzt“ (Pschyrembel, 2004, S. 471)
Embolie	„akute Verlegung eines Gefäßlumens durch einen Embolus. [...] klinische Folgen: Schlaganfall, akuter Arterienverschluss“ (Pschyrembel, 2004, S. 477)
Endoplasmatisches	„elektronenmikroskopisch sichtbares, im Grundplasma der Zelle

Retikulum	gelegenes dreidimensionales Hohlraumssystem aus Bläschen, Kanälchen und Zisternen, deren Membranen kontinuierlich mit der äusseren Kernmembran und zum Teil auch mit dem Plasmalemm zusammenhängen“ (Pschyrembel, 2004, S. 1572)
Evidenz	„In Pflege und Medizin vom Gesetzgeber zunehmend verlangte Nachweisführung der Wirksamkeit pflegischer oder medizinischer Praxis durch die Kombination aus wissenschaftlichen Studien und individueller klinischer Erfahrung (sog. Evidence-based practice)“ (Evidenz, Pschyrembel online, k.D.)
Extensoren	„Streckmuskel“ (Extensor, DocCheck Flexikon, k.D.) Extension: „aktive (mit Hilfe der Streckmuskulatur durchgeführte) oder passive Streckung einer Extremität in einem Gelenk“ (Pschyrembel, 2004, S. 542)
Fahrradergometer	Ein Ergometer ist ein Übungsgerät, um die darauf erbrachte Leistung zu messen. Ein Fahrradergometer ist ein stationiertes Fahrrad, worauf Messungen gemacht werden und trainiert werden kann. (Whittemore, 2010)
Fatigue	„Zustand erheblicher anhaltender Schwäche und schneller Erschöpfbarkeit, der Fähigkeit zur körperlicher und geistiger Arbeit und somit gegebenenfalls Erwerbsfähigkeit eingeschränkt“ (Fatigue, Pschyrembel online, k.D.)
Flexoren	„Als Flexoren bezeichnet man die Muskeln bzw. Muskelgruppen, die in einem Gelenk eine Flexion (Beugung) verursachen“ (Flexor, DocCheck Flexikon, k.D.)
Follow-up-Studie	„Studie, in der die Individuen, Gruppen od. zuvor definierte Populationen, für die zu einem früheren Zeitpunkt bereits Daten erhoben wurden, über einen festgelegten Zeitraum nachverfolgt werden, um zu erfassen, ob ein bestimmtes Ereignis [...] eingetreten ist“ (Follow-up-Studie, Pschyrembel online, k.D.)
Gefässwiderstand	„Die Verringerung des Gefässdurchmessers führt zu einem höheren Gefässwiderstand“ (Böttcher et al., 2000, S. 138)
Hämodynamisch	Hämodynamik: „Lehre von den physikalischen Grundlagen des Blutkreislaufs und dem Zusammenwirken der Faktoren, die auf den intravasalen Blutfluss einwirken (Blutdruck, -volumen, -viskosität, Strömungswiderstand, Gefässarchitektur und -elastizität)“ (Pschyrembel, 2004, S. 704)
Hämoglobin	eisenhaltiges, sauerstofftransportierendes Protein, v.a. in Erythrozyten lokalisiert (Hämoglobin, Pschyrembel online, k.D.)
Herzfrequenz	„Herzschlagfrequenz, Abk. HF; Zahl der Herzschläge/min, definiert durch die Anzahl der entsprechenden Aktionspotentiale; abhängig von Lebensalter, Geschlecht, sportlichem

	Trainingszustand, Körpertemperatur, Vigilanz und vegetativen Faktoren; beim Erwachsenen in Ruhe ca. 60-80/min“ (Pschyrembel, 2004, S. 748)																				
Herzindex	Herzzeitvolumen pro Körperoberfläche (Meyer et al., 2003)																				
Herzinsuffizienz	<p>Die Herzinsuffizienz geht mit einer Abnahme der körperlichen Belastung und schnelleren Belastungsdyspnoe einher, wobei die New York Heart Association (NYHA) nach Ausprägung der Symptome 4 Stadien folgendermassen unterteilt:</p> <table><tr><td>Stadium</td><td>Subjektiv</td><td>Belastbarkeit</td><td>VO_{2max}</td></tr><tr><td>I</td><td>Beschwerdefreiheit, normale körperliche Belastbarkeit</td><td>> 1,5-2 Watt/kg > 100 Watt</td><td>> 25</td></tr><tr><td>II</td><td>Beschwerden bei stärkerer körperlicher Belastung</td><td>1-1,5 Watt/kg 50-100 Watt</td><td>> 25</td></tr><tr><td>III</td><td>Beschwerden bei leichter körperlicher Belastung</td><td>1 Watt/Kg Bis 50 Watt</td><td>5-15</td></tr><tr><td>IV</td><td>Beschwerden in Ruhe</td><td>Belastungsuntersuchung nicht möglich</td><td>< 5</td></tr></table> <p>(Pokan et al., 2009)</p>	Stadium	Subjektiv	Belastbarkeit	VO _{2max}	I	Beschwerdefreiheit, normale körperliche Belastbarkeit	> 1,5-2 Watt/kg > 100 Watt	> 25	II	Beschwerden bei stärkerer körperlicher Belastung	1-1,5 Watt/kg 50-100 Watt	> 25	III	Beschwerden bei leichter körperlicher Belastung	1 Watt/Kg Bis 50 Watt	5-15	IV	Beschwerden in Ruhe	Belastungsuntersuchung nicht möglich	< 5
Stadium	Subjektiv	Belastbarkeit	VO _{2max}																		
I	Beschwerdefreiheit, normale körperliche Belastbarkeit	> 1,5-2 Watt/kg > 100 Watt	> 25																		
II	Beschwerden bei stärkerer körperlicher Belastung	1-1,5 Watt/kg 50-100 Watt	> 25																		
III	Beschwerden bei leichter körperlicher Belastung	1 Watt/Kg Bis 50 Watt	5-15																		
IV	Beschwerden in Ruhe	Belastungsuntersuchung nicht möglich	< 5																		
Herzklappenstörung	Herzklappenfehler: „Schlussunfähigkeit (Insuffizienz) oder Verengung (Stenose) von Herzklappen“ (Pschyrembel, 2004, S. 752)																				
Herzrhythmus-störung	„Bezeichnung für alle Veränderungen der elektrischen Herztätigkeit, die durch eine untergelmässige Abfolge der Erregungen (Arrhythmie), eine Abweichung von der normalen Herzfrequenz (60-100/Min) oder eine Störung des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Herzaktionen gekennzeichnet sind.“ (Pschyrembel, 2004, S. 754)																				
Herzzeitvolumen	Synonym Herzminutenvolumen (Abk. HZV), Minutenvolumen; die in 1 Minute vom linken Ventrikel ausgeworfene Blutmenge (HMV = Schlagvolumen x Herzschläge/min); beim gesunden, ruhenden Menschen 4,5-5l/min; Bestimmung mittels Indikatorverdünnungsmethoden (Pschyrembel 260. Auflage 2004)																				
Hypertrophietraining	Eine Krafttrainingsmethode, mit dem Ziel die Masse der Muskeln zu vergrössern. Dabei werden 3 Serien an 8-12 Wiederholungen mit 45-90 Sekunden Pausen dazwischen durchgeführt. (Van																				

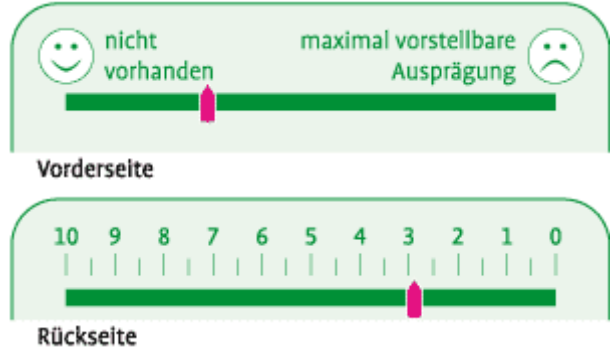
	Duijn, 2009) „Das zu hebende Gewicht wird so gewählt, dass es gerade die vorgegebene Anzahl Mal gehoben werden kann. (Van Duijn, 2009, Folie 19)
Instabile Angina Pectoris	„Entweder neu oder an Häufigkeit, Dauer oder Intensität progredient oder in Ruhe auftretend; meist [...] von vegetativen Symptomen begleitet; gehört als lebensbedrohliche potentielle Vorstufe des Herzinfarkts zum Akuten Koronarsyndrom [...] und ist entsprechend zu behandeln; Einteilung in klinische Schweregrade [...]“ (Angina pectoris, Pschyrembel online, k.D.) Definition „Angina pectoris“ siehe Glossar unter „Angina pectoris“.
Interindividuell	„zwischen zwei oder mehreren Personen (Individuen) ablaufend, mehrere Personen (Individuen) betreffend; z. B. interpersonelle Variation der Intelligenz: Ausprägung der Intelligenz bei verschiedenen Personen“ (Interpersonell, Pschyrembel online, k.D)
Intervention	„Dazwischenkommen, Eingreifen, Vermittlung“ (Pschyrembel, 2004, S. 878)
Isometrische Kontraktion	Synonym statische Kontraktion: „Bezeichnung für Spannungszunahme eines Muskels bei gleichbleibender Länge“ (Pschyrembel, 2004, S. 969)
Kapillaren	„Haargefäße“ (Blutkapillaren, Pschyrembel online, k.D.)
Kardiale Dekompensation	Kardial: „das Herz betreffend, vom Herzen ausgehend“ Dekompensation: „der nicht mehr ausreichende Ausgleich (Kompensation) einer verminderten Funktion oder Leistung bzw. dessen Folgezustände“ (Pschyrembel, 2004, S. 906 und S. 374)
Kardiorespiratorisch, Test	Test das Herz und die Atmung betreffend (Kardiorespiratorisch, Rochelexikon, k.D.)
Kinetik	„(physikalisch) Bewegungslehre“ (Kinetik, Pschyrembel online, k.D.)
Kohlendioxid	„CO ₂ , [...] farbloses, schweres, nicht brennbares Gas. [...] kommt in der Luft zu 0,03% vor (Ausatemluft ca. 4,5 Vol.%) [...] entsteht als Enproduktion im Oxidationsstoffwechsel“ (Pschyrembel, 2004, S. 952)
Kohlendioxidäquivalent	Atemminutenvolumen (Luftmenge, die in einer Minute ein- und ausgeatmet wird) / CO ₂ -Abgabe (Vogt et al., 2005, S. 2)
Kollateralisierung, myokardiale	alternative Blutgefäße versorgen die Myokardregion eines insuffizienten Blutgefäßes (Mewis et al., 2006)
Kontraktion	„Zusammenziehung; z.B. Verkürzung eines Muskels bei gleichzeitiger Spannungszunahme“ (Pschyrembel, 2004, S. 969)
Koronararterien-Stenting	Koronararterien: „arterielle Kranzgefäße des Herzens“ Stent: „selbstexpandierende, scherenarterartige endoskopisch oder radiologisch platzierbare Prothese aus verschiedenen

	Materialien, die sich nach Implantation selbsttätig ausdehnt. Verwendung: zur Überbrückung bzw. Erhaltung des Lumens bei[...] arteriosklerotisch bedingter kurzstreckiger Gefäßstenose“ (Pschyrembel, 2004, S. 975 und S. 1730)
Laktat	„Salz der Milchsäure; L-Laktat entsteht [...] z.B. bei Muskelarbeit unter Sauerstoffmangel“ (Pschyrembel, 2004, S. 1002)
Laktatazidose	„nicht respiratorische Azidose durch Vermehrung von Laktat im Blut“ (Pschyrembel, 2004, S. 1002)
M. vastus lateralis	Grösster der fünf Anteile des M. quadriceps, welcher die Vorderseite des Oberschenkels bedeckt und eine Streckung im Knie bewirkt. (Hochschild, 2008)
Laktat Mehrstufentest	Zur Laktat-Leistungsdiagnostik wird idealerweise ein Mehrstufentest als Belastungsprotokoll gewählt. „Dabei wird ausgehend von einer niedrig gewählten ersten Belastungsstufe in aller Regel alle 3 Minuten die Belastungsintensität erhöht. Der Test endet normalerweise bei Ausbelastung der untersuchten Person. Die Wahl der ersten Belastungsstufe und die Höhe der Steigerungsschritte orientieren sich an der Ausgangsfitness bzw. dem Trainingszustand der untersuchten Person.“ (Nieß, k.D.)
Metabolische Azidose	Metabolisch: „veränderlich, Stoffwechsel bedingt“ Azidose: „Störung im Säure-Basen-Haushalt mit Abfall des arteriellen pH-Wertes unter 7,36“ (Pschyrembel, 2004, S. 1148 und S. 176) „ist ein Überschuss an nicht flüchtigen Säuren, bzw. auf ein Bikarbonatdefizit zurückzuführen. Die ansteigende H ⁺ -Ionenkonzentration ist ein starker Atemreiz. Mit der gegenregulatorischen Abatmun von CO ₂ sinkt der arterielle pCO ₂ , und der Blut-pH ändert sich insgesamt kaum.“ (Böttcher, Engelhardt und Kortenhaus, 2000, S. 194)
Metabolismus	Stoffwechsel: „Gesamtheit aller lebensnotwendigen chemischen Reaktionen im Organismus“ (Pschyrembel, 2004, S. 1739)
Mitochondrien - Subsarcolemmale - Interfibrilläre	Ovale Zellorganellen, die für die Energiegewinnung zuständig sind. (Pschyrembel, 2004, S. 1168) „Die subsarkolemmalen Mitochondrien befinden sich direkt unter dem Sarkolemma (siehe „Sarkolemm“), die interfibrillären Mitochondrien liegen zwischen den einzelnen Myofibrillen.“

	<p>(Stahlhofen, 2010, S. 19)</p>
Mortalität	<p>„Sterblichkeit; Mortalitätsziffer: das Verhältnis der Anzahl der Sterbefälle zum Durchschnittsbestand der Population.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1180)</p>
Muskelatrophie	<p>Abnahme der Muskelmasse infolge Verkleinerung des Durchmessers (einfache Muskelatrophie) oder der Anzahl (numerische hypoplastische Muskelatrophie) von Muskelfasern. (Muskelatrophie, Pschyrembel online, k.D.)</p>
Myokard	<p>„muskuläre Wand des Herzens; die Muskelzüge der Kammern sind in einer äußeren Schräg-, mittlere Ring- u. inneren Längsschicht angeordnet; die Muskulatur der Vorhöfe u. der Kammern ist durch das Herzskelett voneinander getrennt.“ (Myokard, Pschyrembel online, k.D.)</p>
Nachlast	<p>„Widerstand, den die Herzmuskulatur bei der Entleerung der Kammer überwinden muss (Auswurfwiderstand)“ Nachlast, (Pschyrembel online, k.D.)</p>
Neurologisch	<p>Neurologie: „Fachgebiet der Medizin, das sich mit der Erforschung, Diagnostik und Behandlung der Erkrankung des Nervensystems und der Muskulatur befasst.“ (Pschyrembel, 2004, 1268)</p>
Niereninsuffizienz	<p>„Eingeschränkte Fähigkeit der Nieren, harnpflichtige Substanzen [...] auszuschcheiden“ (Pschyrembel, 2004, S. 1278)</p>
Obstruktive oder restriktive Lungenprobleme	<p>Obstruktion: „Verschluss, Verstopfung, Verlegung eines Hohlorgans, Gangs oder Gefäßes“ Restriktion: „Einschränkung; z.B. Lungenfunktionsstörung durch Erhöhung der Elastance oder Verdrängung von Lungengewebe durch Pleuraerguss“ (Pschyrembel, 2004, S. 1301 und S. 1570)</p>
Orthopädisch	<p>Orthopädie: „Fachgebiet der Medizin, die sich mit der Entstehung, Erkennung, Verhütung und Behandlung angeborener oder</p>

	erworbener Störungen und Anomalien in Form oder Funktion des Stütz- und Bewegungsapparates befasst.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1324)
Perfusion	“Durchströmung, z.B. des Körpers oder einzelner Organe mit Flüssigkeit (Blut u.a.)“ (Pschyrembel, 2004, S. 1389)
Peripher	„weg oder fern vom Zentrum“ (Pschyrembel, 2004, S. 1395)
Phasische Muskeln	Bestehen hauptsächlich aus Muskelfasern Typ II, kontrahieren schnell, haben ein geringes Ausdauer Vermögen, eine hohe Kraftentwicklung und gewinnen v.a. anaerob Energie. (Van den Berg et al., 2003)
Plantarflexoren	Muskeln, die eine Plantarflexion (Winkel zwischen Schienbein und Fussrücken wird grösser) in dem OSG bewirken. (Hochschild, 2008)
Population	„Bez. für die Gesamtheit von Individuen, die sich hinsichtl. bestimmter Kriterien gleichen“ (Population, Pschyrembel online, k.D.)
Prävalenz	„Häufigkeit des Vorliegens eines Ereignisses (z.B. einer Erkrankung) in einer best. Population innerhalb eines best. Zeitraums.“ (Prävalenz, Pschyrembel online, k.D.)
Progressiv	„sich in einem bestimmten Verhältnis allmählich steigernd, entwickelnd“ (Progressiv, Duden online, k.D.)
Pulmonale Hypertonie	Synonym: pulmonale Hypertension; erhöhter Blutdruck der Arteria pulmonalis (Lungenarterie) (Pschyrembel, 2004, S. 818)
Randomisiert	Randomisierung: „Zufallszuteilung; Verfahren zur Ausschaltung von systematischen Fehlern oder Einflüssen für die statistische Auswertung“ (Pschyrembel, 2004, S. 1538)
Range of motion (ROM)	„Bewegungsumfang“ (ROM, Pschyrembel online, k.D.)
Rechtsherzkatheter	Verfahren zur kardiovaskulären Diagnose oder Therapie; Prinzip Punktion oder chirurgische Eröffnung eines art. (Linksherzkatheter) oder venösen Gefäßes (z.B. in der Femoralis- oder Kubitalregion, Rechtsherzkatheter) zur Sondierung aller zentralen Herz- und Gefäßabschnitte mit Hilfe von vorgeformten, röntgenkontrastgebenden, dreh- und formstabilen Kathetern kleinen Durchmessers (Herzkatheterisierung, Pschyrembel online, k.D.)
Respiratorischer Quotient, RER	„Verhältnis von ausgeatmetem Kohlendioxid zu eingeatmeten bzw. verbrauchten Sauerstoff; der [RER] ist abhängig von der Art der aufgenommenen Nahrung.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1529)
Sample	„Teilmenge der Population, über die eine Aussage gemacht werden soll“ (Stichprobe, Pschyrembel online, k.D.)
Sarkolemm	Bezeichnung für die Zellmembran der quergestreiften Muskelfaser

	(Sarkolemm, Pschyrembel online, k.D.)
Sauerstoffaufnahme/ -verbrauch, VO_2	„Bezeichnung für die Sauerstoffmenge pro Zeiteinheit, die vom Organismus verstoffwechselt beziehungsweise chemisch (und physikalisch) gebunden wird; Bestimmung: zum Beispiel aus dem Produkt von arteriovenöser Sauerstoffdifferenz und Herzminutenvolumen; beträgt beim Erwachsenen in Ruhe 250-300ml O_2 /min; starker Anstieg bei körperlicher Arbeit, Fieber und anderem“ (Pschyrembel, 2004, S. 1616)
Sauerstoffaufnahme, maximale	„Sauerstoffmenge, die pro Minute bei individuell maximaler möglicher dynamischer Arbeit grosser Muskelgruppen aufgenommen werden kann [...]; Bruttokriterium der kardio-pulmonal-metabolischen Leistungsfähigkeit; Normalwerte für untrainierte Männer des 3. Lebensjahrzehnts ca. 3l/min, bei Frauen ca. 2l/min. Weltklassesportler in Ausdauersportarten können Werte um 7l/min erreichen.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1616)
Sauerstoffsättigung	„Anteil des Oxyhämoglobins am Gesamthämoglobin; Referenzwerte: im arteriellen Blut 95-97%, im venösen Blut ca. 73%.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1617)
Schlagvolumen	„Die Blutmenge, die jeder Ventrikel des Herzens bei einer Kontraktion (Systole) auswirft; beim erwachsenen Mann normal 70ml in Ruhe.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1633)
Signifikanz	„(Bedeutung, Anschaulichkeit) Ablehnung einer Nullhypothese (z.B. kein Unterschied zwischen Patientengruppen), wenn die Wahrscheinlichkeit eines statistischen Tests kleiner als die zuvor festgelegte Irrtumswahrscheinlichkeit ist.“ (Signifikanz, Pschyrembel online, k.D.)
Stabile koronare Herzkrankheit	Koronare Herzkrankheit mit belastungsabhängiger (stabiler) Angina pectoris, ausgelöst durch körperliche oder seelische Belastung. (Angina pectoris, Pschyrembel online, k.D)
Statische Kontraktion	siehe „Isometrische Kontraktion“
Stretching	Muskeldehnung (Saner, 2009, S. 2)
Sympathikus	„Pars sympathica des vegetativen Nervensystems [...] enthält afferente viszerosensible Fasern für die Schmerzempfindung der Eingeweide.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1764)
Synthetisieren	Synthese: „Zusammensetzung, Aufbau“ (Pschyrembel, 2004, S. 1774)
Systemisch	„Ein ganzes Organsystem (z.B. Blut, Muskulatur, ZNS), im weiteren Sinne den gesamten Organismus betreffend.“ (Pschyrembel, 2004, S. 1778)

Systole	Ventrikelmuskulatur kontrahiert und die Taschenklappen öffnen sich Besteht aus Anspannungs- und Austreibungsphase (Steffers et al., 2006)
Tonische Muskeln	Bestehen hauptsächlich aus Muskelfasern Typ I, kontrahieren langsam, haben eine niedrige Kraftentwicklung und gewinnen v.a. aerob Energie. (Van den Berg et al., 2003)
Untere Extremität	Extremitäten: Gliedmassen (Pschyrembel, 2004, S. 545)
Vaskulär	„die Blutgefäße betreffend“ (Vaskulär, Duden online, k.D.)
Vasodilatation	„Erweiterung der Blutgefäße“ (Pschyrembel, 2004, S. 1899)
Vasokonstriktion	„Engstellung der Gefäße“ (Pschyrembel, 2004, S. 1899)
Ventilation	„Belüftung der Lungenalveolen im Wechsel von Inspiration und Expiration (gesteuert vom Atemzentrum)“ (Pschyrembel, 2004, S. 161)
Ventrikel	Synonym: Ventriculus; Kammer. Ventriculus cordis ist die Herzkammer (Pschyrembel, 2004, S. 1912-1913)
Verblindung	„Geheimhaltung der Gruppenzuordnung (Intervention od. Kontrolle) vor Patienten, Studienärzten, Pflegepersonal u./od. Auswertern, die an einer Studie teilnehmen; beugt unbewusster (u. bewusster) Einflussnahme auf das Studienergebnis vor.“ (Verblindung, Pschyrembel online, k.D.)
Visual analogue scale (VAS)	<p>„eindimensionale, semiquantitative Skala zur standardisierten Erfassung der Schmerzintensität durch subjektive Selbsteinschätzung des Pat.; Markierung auf einer 10 cm langen kontinuierlichen Leiste zwischen den beiden Endpunkten kein Schmerz sowie Schmerz maximal vorstellbarer Ausprägung“</p>  <p>(Visual analogue scale, Pschyrembel online, k.D.)</p>
Vorhofflimmern	Herzrhythmusstörungen im Vorhofmyokard, mit schnell frequentierten, elektrischen Vorhoferregungen ohne wirksame Vorhofkontraktion. (Vorhofflimmern, Pschyrembel online, k.D.)
Zytoplasma	Plasma, das von der Zellmembran umschlossen ist. Es enthält in Wasser gelöste Proteine, Lipide, Kohlenhydrate, Mineralsalze, Spurenelemente und viele kleinere Granula oder Vesikel sowie grössere Zellorganellen. (Zytoplasma, Pschyrembel online, k.D.)

18.7 Literaturverzeichnis Glossar

Aerob. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2734833%27\]&anchor=el#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4376703%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2734833%27]&anchor=el#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4376703%27])

Agonist. (k.D.). In *DocCheck Flexikon*. Heruntergeladen von

<http://flexikon.doccheck.com/Agonist>

Akutes Koronarsyndrom. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel-v12879558%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel-v12879558%27])

Alveole. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377202%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377202%27])

Antagonist. (k.D.). In *DocCheck Flexikon*. Heruntergeladen von

<http://flexikon.doccheck.com/Antagonist?q=antagon>

Aorta. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377963%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377963%27])

Aortenstenose. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377987%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4377987%27])

Arterien. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27161466%27\]&anchor=el#___pschyrembel_kw___%2f%2f*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4378649%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27161466%27]&anchor=el#___pschyrembel_kw___%2f%2f*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4378649%27])

Arteriosklerose. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw

rembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27161466%27]&anchor=el#
__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4378672%27]

Autonomes Nervensystem. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27161466%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel-v4397290%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27161466%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel-v4397290%27])

Azidose. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27161466%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4379255%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27161466%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4379255%27])

Belastungsischämie. (k.D.). In *DocCheck Flexikon*. Heruntergeladen von
<http://flexikon.doccheck.com/Belastungsisch%C3%A4mie>

Biceps brachii. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271420552%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel-wn4396290%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271420552%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel-wn4396290%27])

Biopsie. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27161466%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4379985%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243352907942442&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27161466%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4379985%27])

Blutkapillaren. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4380256%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4380256%27])

Böttcher, T., Engelhardt, S., Kortenhaus, M. (2000). *Netters Innere Medizin*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

Cholesterin. (k.D.). In *Lexikon Gesundheit Sprechstunde*. Heruntergeladen von
<http://www.gesundheitsprechstunde.ch/cholesterin>

De Gruyter, W. (2004). Angina Pectoris. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 81). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

- De Gruyter, W. (2004). Azidose. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 176). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Body mass Index. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 250). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Bypassoperation. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 277). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Dekompensation. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 374). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Diabetes mellitus. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 392). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Dysfunktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 436). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Dyspnoe. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 443). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Echokardiographie. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 449). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Elektronenmikroskop. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 471). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Embolie. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 477). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Extension. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 542). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Extensor. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 542). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Extremitäten. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 545). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Hämodynamik. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 704). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Herzfrequenz. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 748). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Herzkatheterisierung. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 751). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Herzklappenfehler. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 752). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

- De Gruyter, W. (2004). Herzrhythmusstörungen. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 754). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Hypertension, pulmonale. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 818). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Instabilitas. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 870). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Interventionsradiologie. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 878). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Isometrische Kontraktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 969). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Kardial. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 906). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Kohlendioxid. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 952). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Kontraktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 969). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Koronararterien. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 975). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Laktat. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1002). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Laktatazidose. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1002). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Metabolisch. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1148). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Mortalität. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1180). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Mitochondrien. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1168). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Neurologie. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1268). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Niereninsuffizienz. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1278). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Obstruktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1301). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

- De Gruyter, W. (2004). Orthopädie. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1324). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Perfusion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1389). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Peripher. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1395). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Quotient, respiratorischer. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1529). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Randomisierung. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1538). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Restriktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1570). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Retikulum, endoplasmatisches. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1572). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Sauerstoffaufnahme. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1616). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Sauerstoffaufnahme, maximale. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1616). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Sauerstoffdifferenz, arteriovenöse. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1616). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Sauerstoffsättigung. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1617). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Schalgvolumen. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1633). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Stent. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1730). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Stoffwechsel. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1739). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Sympathikus. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1764). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Synthese. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1774). Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- De Gruyter, W. (2004). Systemisch. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1778). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

De Gruyter, W. (2004). Vasodilatation. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1899). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

De Gruyter, W. (2004). Vasokonstriktion. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1899). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

De Gruyter, W. (2004). Ventilation. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 161). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

De Gruyter, W. (2004). Ventrikel. In *Pschyrembel* (Vol. 260, S. 1912-1913). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

Dynamisch. (k.D.). In *Duden online*. Heruntergeladen von
<http://www.duden.de/rechtschreibung/dynamisch>

Evidenz. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355343111464&startbk=pschyrembel_pflege&bk=pschyrembel_pflege&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2768733%27\]&anchor=el#__pschyrembel_pflege__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27sl9796856%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355343111464&startbk=pschyrembel_pflege&bk=pschyrembel_pflege&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2768733%27]&anchor=el#__pschyrembel_pflege__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27sl9796856%27])

Extensoren. (k.D.). In *DocCheck Flexikon*. Heruntergeladen von
<http://flexikon.doccheck.com/Extensor?q=extensor>

Fatigue. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikelb72733f4-8048-403c-aa88-3326513535e2%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=anita46hofmann64zhwin46ch2991591771211&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikelb72733f4-8048-403c-aa88-3326513535e2%27])

Flexor. (k.D.). In *DocCheck Flexikon*. Heruntergeladen von
<http://flexikon.doccheck.com/Flexor?q=flexoren>

Follow-up-Studie. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336316292510&startbk=pschyrembel_sozmed&bk=pschyrembel_sozmed&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2774257%27\]&anchor=el#__pschyrembel_sozmed__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27sozmed_artikel10688586%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336316292510&startbk=pschyrembel_sozmed&bk=pschyrembel_sozmed&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2774257%27]&anchor=el#__pschyrembel_sozmed__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27sozmed_artikel10688586%27])

Hämoglobin. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von
http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschy

rembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271420552%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4388293%27]

Herzkatheterisierung. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2734833%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4388999%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2734833%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4388999%27])

Hochschild, J. (2008). *Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie-Therapierelevante Details. 2, LWS Becken und Hüftgelenk, Untere Extremität*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

Interpersonell. (k.D.) In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_ppp&bk=pschyrembel_ppp&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27288909%27\]&anchor=el#__pschyrembel_ppp__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27ppp_artikel12839476%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_ppp&bk=pschyrembel_ppp&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27288909%27]&anchor=el#__pschyrembel_ppp__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27ppp_artikel12839476%27])

kardiorespiratorisch. (k.D.). In *Rochelexikon*. Heruntergeladen von

<http://www.gesundheit.de/lexika/medizin-lexikon/kardiorespiratorisch>

Kinetik. (k.D.) In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d52433664702563905&startbk=pschyrembel_hunnius&bk=pschyrembel_hunnius&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271662683%27\]&anchor=el#__pschyrembel_hunnius__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27hunnius_artikel5047671%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d52433664702563905&startbk=pschyrembel_hunnius&bk=pschyrembel_hunnius&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271662683%27]&anchor=el#__pschyrembel_hunnius__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27hunnius_artikel5047671%27])

Mewis, C. & Riessen, R. & Spyridopoulos, I. (2006). *Kardiologie compact. Alles für Station und Fachprüfung*. Stuttgart: George Thieme Verlag.

Meyer, K., Steiner, R., Lastayo, P., Lippuner, K., Allemann, Y., Eberli, F., Schmid, J., Saner, H. und Hoppeler, H. (2003). Eccentric exercise in coronary patients: Central hemodynamic and metabolic responses. *Medicines & Science in Sports & Exerc*, 35 (7), 1076-1082.

Missbrauch. (k.D.) In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2711875%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4395823%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2711875%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4395823%27])

Muskelatrophie. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271426406%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396595%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271426406%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396595%27])

Myokard. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271426406%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396773%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271426406%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396773%27])

Nachlast. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271426406%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396890%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271426406%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4396890%27])

Nieß, A. (k.D.). *Laktat-Leistungsdiagnostik*. Heruntergeladen von http://www.medicin.uni-tuebingen.de/sportmedizin/patienten/laktat_leistungsdiagnostik.htm

Pokan, R. & Benzer, W. & Gabriel, H. & Hofmann, P. & Kunschitz, E. & Mayr, K. & Samtitz, G. & Schindler, K. & Wonisch, M. (2009). *Kompodium der kardiologischen Prävention und Rehabilitation*. Wien: Springer Verlag.

Population. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271728346%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4400939%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271728346%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4400939%27])

Prävalenz. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271728346%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4401127%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243361259207668&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271728346%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4401127%27])

Progressiv. (k.D.). In *Duden online*. Heruntergeladen von

<http://www.duden.de/rechtschreibung/progressiv>

ROM. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

<http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a3545>

46b345b7794586ce2e14d5243355343111464&startbk=pschyrembel_pflege&bk=pschyrembel_pflege&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2768733%27]&anchor=el#__pschyrembel_pflege__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27sl9796856%27]

Saner, J. (2009). Muskeldehnungen. *Kapitel 10 aus Grundlagen Modul A & I Skript*.

Sarkolemm. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271683173%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4403612%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271683173%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4403612%27])

Schädler, S., Kool, J., Lüthi, H., Marks, D., Oesch, P., Pfeffer, A., Wirz, M. (2006).

Assessments in der Neurorehabilitation. Bern: Hans Huber Verlag.

Signifikanz. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355356331357&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%271978206%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4404669%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355356331357&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%271978206%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4404669%27])

Stahlhofen, S. (2010). Mitochondriale Subpopulationen und Myokardischämie. In

Lokalisierung, Orientierung und Funktion von Connexin 43 in Kardiomyozyten-Mitochondrien. Heruntergeladen von http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-24988/Diss_Stahlhofen.pdf

Steffen, G. und Credner, S. (2006). *Allgemeine Krankheitslehre und Innere Medizin für Physiotherapeuten*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

Stichprobe. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von

[http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355354441352&startbk=pschyrembel_sozmed&bk=pschyrembel_sozmed&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27202068%27\]&anchor=el#__pschyrembel_sozmed__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27sozmed_artikel110691756%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243355354441352&startbk=pschyrembel_sozmed&bk=pschyrembel_sozmed&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27202068%27]&anchor=el#__pschyrembel_sozmed__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27sozmed_artikel110691756%27])

Van den Berg, F. & Cabri, J. (2003). *Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

Van Duijn, A. (2009). Krafttraining [PowerPoint slides]. Heruntergeladen von

http://elearning.zhaw.ch/moodle/mod/resource/view.php?id=101986&subdir=/Woche_47/PT402_wo47_Bindegewebe_van_Duijn

- Van Gestel, A. J. R, Teschler, H. (2010). *Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen. Evidenzbasierte Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Vaskulär. (k.D.). In *Duden online*. Heruntergeladen von <http://www.duden.de/rechtschreibung/vaskulaer>
- Verblindung. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von [http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_hunnius&bk=pschyrembel_hunnius&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%273177740%27\]&anchor=el#__pschyrembel_hunnius__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27hunnius_artikel61f562db-cb3a-4bc5-9dfd-63785eb30763%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_hunnius&bk=pschyrembel_hunnius&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%273177740%27]&anchor=el#__pschyrembel_hunnius__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27hunnius_artikel61f562db-cb3a-4bc5-9dfd-63785eb30763%27])
- Visual analogue scale. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von [http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%2787769%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel6e1e9aa4-f1b1-4bb6-9097-087e3e63d40c%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524336198079126&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%2787769%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel6e1e9aa4-f1b1-4bb6-9097-087e3e63d40c%27])
- Vogt, M., Brügger, O., Schütz, R., Wehrlin, J., Perret, C, Umberg, R., Aeschlimann, U., Bodenmann, U., Matter, S. & Bürgi, A. (2005). Physiologische Trainingsintensitätszonen. Fachdokumentation 2005/1 [PDF document]. Heruntergeladen von http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/forschung/fachgruppen_sportwissenschaft/fachgruppe_ausdauer.html
- Vorhofflimmern. (k.D.) In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von [http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%27143370%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4409386%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d5243366471949074&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%27143370%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4409386%27])
- Whittemore, F. (2010). *Definition of ergometer*. Heruntergeladen von <http://www.livestrong.com/article/115216-definition-ergometer/>
- Zytoplasma. (k.D.). In *Pschyrembel online*. Heruntergeladen von [http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524335334938117&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*\[%40node_id%3D%272376682%27\]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27kw_artikel4410460%27\]](http://www.wdg.pschyrembel.de/Xaver/start.xav?SID=ssoatypon8da83fcf457a354546b345b7794586ce2e14d524335334938117&startbk=pschyrembel_kw&bk=pschyrembel_kw&hitnr=1&start=%2f%2f*[%40node_id%3D%272376682%27]&anchor=el#__pschyrembel_kw__%2F%2F*[%40attr_id%3D%27kw_artikel4410460%27])